

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

INVESTIGACION GEOTERMICA EN DOS ZONAS DE LA PROVINCIA DE ORENSE

MEMORIA

Diciembre 1984



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

00835

INVESTIGACION GEOTERMICA EN DOS ZONAS DE
LA PROVINCIA DE ORENSE
MEMORIA

OCTUBRE 1984

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCION	1
2. GEOLOGIA	6
2.1. INTRODUCCION	7
2.2. GEOLOGIA	8
2.2.1. INTRODUCCION	8
2.2.2. ESTRATIGRAFIA	9
2.2.2.1. Precámbrico-Tremadoc. Esquistos (6)	9
2.2.3. CUATERNARIO	10
2.2.3.1. Conglomerados, gravas, arenas y li mos. Terrazas (7-8)	10
2.2.3.2. Areniscas y gravas (Depósitos de - Barra) (9)	11
2.2.3.3. Aluvial Indiferenciado y Cauce ac- tual (10)	11
2.2.4. TECTONICA	11
2.2.5. ROCAS GRANITICAS	13
2.2.5.1. Estudio petrográfico	17
2.3. ESTUDIO DE LA DIACLASACION	18
3. ESTUDIO SISMO-TECTONICO	51
3.1. INTRODUCCION	52
3.2. DENSIDAD DE FRACTURACION	53
3.3. ESTUDIO SOBRE LAS RELACIONES ENTRE FRACTURACION-TER MALISMO-SISMICIDAD	56
3.3.1. FRACTURACION	56
3.3.2. MANIFESTACIONES TERMALES	58
3.3.3. SISMOS	61
3.3.4. CONCLUSIONES	64
3.4. ESTUDIO DETALLADO DE LA FRACTURACION EN ORENSE	67

	<u>Pág.</u>
4. ESTUDIO GEOQUIMICO	69
4.1. INTRODUCCION	70
4.2. ISOCONTENIDOS DE SiO ₂	72
4.2.1. ZONA DE ORENSE	72
4.2.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS	74
4.3. ISOCONTENIDOS DE BORO	75
4.3.1. ZONA DE ORENSE	75
4.3.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS	77
4.4. ISOCONTENIDOS DE FLUOR	78
4.4.1. ZONA DE ORENSE	78
4.4.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS	79
4.5. ANOMALIAS DE Na/K	80
4.5.1. ZONA DE ORENSE	80
4.5.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS	82
4.6. RELACION 1/log Ca/Na	83
4.6.1. ZONA DE ORENSE	83
4.6.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS	85
4.7. ISOEQUILIBRIO FELDESPATO-AGUA	86
4.7.1. ZONA DE ORENSE	86
4.7.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS	88
5. GEOFISICA	93
5.1. INTRODUCCION	94
5.2. INSTRUMENTAL	96
5.2.1. INSTRUMENTOS ELECTRICOS	96
5.2.2. INSTRUMENTOS RADIATIVOS	97
5.3. BAÑOS DE MOLGAS	99
5.3.1. ZONA 1	99
5.3.1.1. Trabajo de Campo	99
5.3.1.2. Presentación de los resultados	100
5.3.1.3. Interpretación y resultados	100
5.3.1.3.1. Calicatas eléctricas	100
5.3.1.3.2. Emanometría y radiometría	108

	<u>Pág.</u>
5.3.2. ZONA 2	109
5.3.2.1. Trabajo de campo	109
5.3.2.2. Representación de los resultados	110
5.3.2.3. Interpretación y resultados	110
5.3.2.3.1. Calicatas eléctricas	110
5.3.2.3.2. Emanometría y radiometría	117
5.3.3. CONCLUSIONES	118
5.3.3.1. Calicatas	118
5.3.3.2. Emanometría y Radiometría	118
5.4. ORENSE (CAPITAL)	119
5.4.1. ZONA 1	120
5.4.1.1. Trabajo de campo	120
5.4.1.2. Representación de los resultados	120
5.4.1.3. Interpretación y resultados	121
5.4.1.3.1. Calicatas eléctricas	121
5.4.1.3.2. Emanometría y radiometría	135
5.4.2. ZONA 2	136
5.4.2.1. Trabajo de campo	136
5.4.2.2. Representación de los resultados	137
5.4.2.3. Interpretación y resultados	137
5.4.2.3.1. Emanometría y radiometría	137
5.4.3. CONCLUSIONES	137
5.4.3.1. Calicatas	137
5.4.3.2. Emanometría y radiometría	138
5.5. BALNEARIO DE PARTOVIA	139
5.5.1. TRABAJO DE CAMPO	139
5.5.2. REPRESENTACION DE LOS RESULTADOS	140
5.5.3. INTERPRETACION Y RESULTADOS	141
5.5.3.1. Calicatas	141
5.5.3.2. Cuerpo Cargado	141
5.5.3.3. Cuerpo Cargado con medición magnética	156
5.5.3.4. Emanometría	156

	<u>Pág.</u>
5.5.4. CONCLUSIONES	156
5.5.4.1. Calicatas	156
5.5.4.2. Cuerpo Cargado	157
5.5.4.3. Emanometría y Magnetometría	157
5.6. CONCLUSIONES SOBRE LOS METODOS GEOFISICOS ENSAYADOS	158
6. MODELO TERMICO	160
6.1. INTRODUCCION	161
6.2. BASES TEORICAS DEL MODELO TERMICO	163
6.3. DISCRETIZACION DEL MODELO BIDIMENSIONAL	167
6.4. APROXIMACIONES A REALIZAR PARA LA EJECUCION DEL MODELO	169
6.5. RESOLUCION DEL SISTEMA DE ECUACIONES	174
6.6. CONSIDERACIONES SOBRE EL REGIMEN ESTACIONARIO	176
6.7. PASADAS EFECTUADAS	179
7. SINTESIS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS Y METODOLOGIA	197
7.1. INTRODUCCION	198
7.2. INVESTIGACION GENERAL DE LAS MANIFESTACIONES GEOTERMICAS EN EL TERRITORIO NACIONAL. (ENADIMSA, 1975-1976)	199
7.2.1. HIDROGEOTERMISMO	201
7.2.2. FACIES HIDROQUIMICA	202
7.2.3. DETERMINACION DE TEMPERATURAS EN PROFUNDIDAD - MEDIANTE EL EMPLEO DE GEOTERMOMETROS	203
7.2.4. ESTUDIO DE EQUILIBRIO Y DE FENOMENOS DE ENFRIAMIENTO	203
7.2.5. RESULTADOS GENERALES DE HIDROQUIMICA	206
7.2.6. RESULTADOS GENERALES	207
7.2.7. RESUMEN Y CONCLUSIONES	208
7.2.8. RECOMENDACIONES	208
7.3. ESTUDIO DE LAS MANIFESTACIONES TERMALES DE GALICIA, - ORIENTADAS A SU POSIBLE EXPLOTACION COMO RECURSOS GEOTERMICOS. (IGME, 1980)	209

	Pág.
7.3.1. ESTUDIOS DETALLADOS	211
7.3.2. ZONA 1. ZONA OCCIDENTAL DE LA PROVINCIA DE ORENSE	212
7.3.2.1. Hidroquímica	214
7.3.2.2. Análisis isotópicos	214
7.3.2.3. Termometrías hidroquímicas	216
7.3.3. ZONA 2. ALREDEDORES DE ORENSE	216
7.3.3.1. Hidroquímica	221
7.3.3.2. Análisis isotópicos	221
7.3.3.3. Termometrías hidroquímicas	222
7.3.4. ZONA 3. BAÑOS DE MOLGAS. JUNQUERA DE AMBIA	223
7.3.4.1. Hidroquímica	223
7.3.4.2. Análisis isotópicos	224
7.3.4.3. Termometrías hidroquímicas	225
7.3.5. ZONA 4. RESTO DE LA PROVINCIA DE ORENSE	225
7.3.5.1. Hidroquímica	225
7.3.5.2. Análisis isotópicos	226
7.3.5.3. Termometrías químicas	227
7.3.6. CONCLUSIONES	228
7.3.6.1. Geológicas	228
7.3.6.2. Hidrogeológicas	228
7.3.6.3. Hidroquímicas	229
7.3.6.4. Isotópicas	229
7.3.6.5. Geotermométricas	230
7.3.7. RECOMENDACIONES	231
7.3.7.1. Hidrogeológicas	231
7.3.7.2. Hidroquímicas	231
7.3.7.3. Isotópicas	232
7.3.7.4. Geofísicas	232
7.3.7.5. Medidas del flujo calorífico	232
7.4. INVESTIGACION GEOTERMICA DE ROCAS CALIENTES SECAS EN LA ZONA SEPTENTRIONAL DE LA PROVINCIA DE ORENSE (IG-ME-1982)	233

	<u>Pág.</u>
7.4.1. FRACTURACION	234
7.4.2. GEOQUIMICA	236
7.4.2.1. Hidroquímica	236
7.4.2.2. Estudio Isotópico	237
7.4.2.3. Gases	239
7.4.2.4. Geotermometrías	242
7.4.2.5. Anomalías Geoquímicas	243
7.4.3. GEOFISICA	244
7.4.3.1. Sondeos Audio - Magneto - Telúricos	244
7.4.3.2. Sondeos Eléctricos Verticales	244
7.4.3.3. Perfiles de Autopotencial	245
7.4.4. RECOMENDACIONES	245
7.5. METODOLOGIA	247
7.5.1. ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO	248
7.5.2. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD	250
7.5.2.1. Técnicas Geológicas	250
7.5.2.2. Técnicas Geoquímicas	251
7.5.2.3. Técnicas Geofísicas	253
7.5.2.4. Sondeos	254
7.5.3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	256
8. RESUMEN Y RECOMENDACIONES	258
8.1. RESUMEN	259
8.1.1. GEOLOGIA	259
8.1.2. SISMO-TECTONICA	260
8.1.3. GEOQUIMICA	262
8.1.4. GEOFISICA	263
8.1.5. MODELO TERMICO	264
8.1.6. ESTUDIO METODOLOGICO	265
8.2. RECOMENDACIONES	268

INDICE DE GRAFICOS

CAPITULO 2. GEOLOGIA

- Gráfico n° 1. Situación estaciones de medidas de diaclasas
E - 1/200.000.
- Gráfico n° 2. Polos de fracturas 1 y 1-a (Orense)
- Gráfico n° 3. Diagramas de frecuencias 1 y 1-a (Orense)
- Gráfico n° 4. Polos fracturas 2 (Orense)
- Gráfico n° 5. Diagramas de frecuencias 2 (Orense)
- Grafico n° 6. Polos de fracturas 3 (Orense)
- Gráfico n° 7. Diagramas de frecuencias 3(Orense)
- Gráfico n° 8. Polos de fracturas 4 (Orense)
- Gráfico n° 9. Diagramas de frecuencias 4 (Orense)
- Gráfico n° 10. Polos de fracturas 5 y 5a (Orense)
- Gráfico n° 11. Diagramas de frecuencia 5 y 5a (Orense)
- Gráfico n° 12. Polos de fracturas 6 (Orense)
- Gráfico n° 13. Diagramas de frecuencia 6 (Orense)
- Gráfico n° 14. Polos de fracturas 7 (Orense)
- Gráfico n° 15. Diagramas de frecuencias 7 (Orense)
- Gráfico n° 16. Diagramas de frecuencia de Orense
- Gráfico n° 17. Polos de fractura B-1 (Baños)
- Gráfico n° 18. Diagramas de fracturas B-1 (Baños)
- Gráfico n° 19. Polos de fracturas B-2 (Baños)
- Gráfico n° 20. Diagramas de fracturasB-2 (Baños)
- Gráfico n° 21. Polos de fracturas B-3 (Baños)
- Grafico n° 22. Diagramas de frecuencia B-3 (Baños)
- Gráfico n° 23. Polos de fracturas B-4 (Baños)
- Gráfico n° 24. Diagramas de frecuencia B-4 (Baños)
- Gráfico n° 25. Diagramas de fracturas B-5 (Baños)
- Gráfico n° 26. Diagramas de frecuencias B-5 (Baños)
- Gráfico n° 27. Diagramas de frecuencias de Baños de Molgas

CAPITULO 3. SISMO-TECTONICA

Gráfico n° 28. Distribución log-normal fracturas

CAPITULO 4. GEOQUIMICA

Gráfico n° 29. Distribución log-normal del contenido de SiO_2

Gráfico n° 30. Distribución log-normal del contenido de B

Gráfico n° 31. Distribución log-normal del contenido de Na/K

Gráfico n° 32. Distribución log-normal del contenido de $1/\log \text{ Ca/Na}$

Gráfico n° 33. Distribución log-normal del contenido del equilibrio feldespatos - H_2

CAPITULO 5. GEOFISICA

Gráficos 34, 34a - Calicata eléctrica - Baños de Molgas - Perfil 1.

Gráficos 35, 36 - Calicata eléctrica - Baños de Molgas - Perfil 2.

Gráficos 37, 38, 39, 40 - Calicatas eléctricas Baños de Molgas Perfil 3.

Gráficos 41, 42 - Calicata eléctrica - Baños de Molgas - Perfil 4.

Gráficos 43, 44 - Calicata eléctrica - Baños de Molgas - Perfil 5.

Gráficos 45, 46 - Calicata eléctrica - Baños de Molgas - Perfil 6.

- Gráficos 47, 48 - Calicata eléctrica - Orense - Perfil - 1
- Gráficos 49, 50 - Calicata eléctrica - Orense - Perfil - 2
- Gráficos 51, 52 - Calicata eléctrica - Orense - Perfil - 3
- Gráficos 53, 54 - Calicata eléctrica - Orense - Perfil - 4
- Gráficos 55, 56 - Calicata eléctrica - Orense - Perfil - 5
- Gráficos 67, 58 - Calicata eléctrica - Orense - Perfil - 6
- Gráfico 59 - Calicata eléctrica - Balneario de Partovia
Perfil 2 - c.c.
- Gráfico 60 - Calicata eléctrica - Balneario de Partovia
Perfil 5 - c.c.
- Gráfico 61 - Calicata eléctrica - Balneario de Partovia
Perfil 8 - c.c.
- Gráficos del 62 al 72 - Perfiles de Cuerpo Cargado - Bal
neario de Partovia P-1 al P-11.

CAPITULO 6. MODELO TERMICO

- Gráfico nº 73, Representación simplificada del ambito del modelo.
- Gráfico nº 74. Representación plana del modelo
- Gráfico nº 75. Modelo térmico para un gradiente de $0,03^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y foco convectivo (Opción A)
- Gráfico nº 76. Ampliación modelo térmico gradiente, $0,03^{\circ}\text{C}/\text{m}$ Opción A.
- Gráfico nº 77. Modelo térmico para gradiente de $0,03^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y foco conductivo (opción B).
- Gráfico nº 78. Ampliación modelo térmico gradiente $0,03^{\circ}\text{C}/\text{m}$ Opción B.
- Gráfico nº 79. Modelo térmico para gradiente de $0,04^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y foco convectivo (Opción A)
- Gráfico nº 80. Ampliación modelo termico gradiente $0,04^{\circ}/\text{u}$. Opción A.

- Gráfico n° 81. Modelo térmico gradiente $0,04^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y foco -
conductivo (Opción B).
- Gráfico n° 82. Ampliación modelo termico gradiente $0,04^{\circ}\text{C}/\text{m}$
Opción B.
- Gráfico n° 83. Modelo térmico. Gradiente $0,06^{\circ}\text{C}/\text{m}$.y foco -
convectivo (Opción A).
- Gráfico n° 84. Ampliación modelo térmico gradiente $0,06^{\circ}\text{C}/\text{m}$
Opción A.
- Gráfico n° 85. Modelo térmico gradiente $0,06^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y foco --
conductivo (Opción B).
- Gráfico n° 86. Ampliación modelo térmico gradiente $0,06^{\circ}\text{C}$.
Opción B.
- Gráfico n° 87. Modelo térmico gradiente $0,12^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y foco con
vectivo (Opción A).
- Gráfico n° 88. Ampliación modelo termico gradiente $0,12^{\circ}\text{C}$.
Opción A.
- Gráfico n° 89. Modelo térmico gradiente $0,12^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y foco con
ductivo (Opción B).
- Gráfico n° 90. Ampliación modelo termico gradiente $0,12^{\circ}\text{C}$.
Opción B.

CAPITULO 7. SINTESIS Y METODOLOGIA

- Gráfico n° 91. Fuentes termales de Galicia.
- Gráfico n° 92. Diagrama comparativo entre contenido en silice
y temperatura de surgencia en Orense.
- Gráfico n° 93. Situación manifestaciones termales de Galicia
- Gráfico n° 94. Manifestaciones termales de la provincia de -
Orense.
- Gráfico n° 95. Diagrama comparativo entre contenido de sili-
ce y temperatura de surgencia.
- Gráfico n° 96. Diagrama de Piper de las aguas termales de --
Orense.

Gráfico nº 97. Relación Deuterio - Oxígeno

Gráfico nº 98. Relación O^{18}/D para las aguas termales de -
Orense

INDICE DE ANEJOS

ANEJO - 1. Estudios petrográficos

ANEJO - 2. Listado de diaclasas

ANEJO - 3. Análisis químicos

ANEJO - 4. Listado modelo térmico

INDICE DE PLANOS

CAPITULO 2. GEOLOGIA

- Plano n° 1. Plano geológico de la zona de Orense.
- Plano n° 2. Plano geológico de la zona de Baños de Molgas

CAPITULO 3. SISMO-TECTONICA

- Plano n° 3. Plano de fracturación
- Plano n° 4. Plano de densidad de fracturación
- Plano n° 5. Plano de lineamientos, sismo y termalismo de Galicia.
- Plano n° 6. Plano de lineamientos de la zona septentrional de Orense.

CAPITULO 4. GEOQUIMICA

- Plano n° 7. Situación puntos de agua de la zona de Orense
- Plano n° 8. Situación puntos de agua de la zona de Baños - Molgas.
- Plano n° 9. Isocontenido de SiO_2 en Orense
- Plano n° 10. Isocontenido de B en Orense
- Plano n° 11. Isocontenido de F en Orense
- Plano n° 12. Isocontenido de Na/K en Orense
- Plano n° 13. Isocontenido de $1/\lg \sqrt{\text{Ca}}/\text{Na}$ en Orense
- Plano n° 14. Isoequilibrios feldespatos - H_2O en Orense
- Plano n° 15. Isocontenido de SiO_2 en Baños de Molgas
- Plano n° 16. Isocontenido de B en Baños de Molgas
- Plano n° 17. Isocontenido de F en Baños de Molgas

- Plano n° 18. Isocontenido de Na/K de Baños de Molgas
Plano n° 19. Isocontenido de $1/lq \sqrt{Ca}/Na$
Plano n° 20. Isoequilibrios feldespatos - H_2 en Baños de Molgas

CAPITULO 5 GEOFISICA

- Plano n° 21. Situación de perfiles de calicatas eléctricas, emanometría y radiometría. E - 1/10.000. Baños de Molgas.
- Plano n° 22. Situación y resultados de calicatas eléctricas - Baños de Molgas. Zona 1 E - 1/1.000.
- Plano n° 23. Situación y resultados de perfiles de emanometría - Baños de Molgas. Zona 1 - E 0 1/1.000.
- Plano n° 24. Situación y resultados de perfiles de radiometría. Baños de Molgas. Zona 1. E - 1/1.000
- Plano n° 25. Situación y resultados de calicatas eléctricas Baños de Molgas. Zona 2. E - 1/1.000.
- Plano n° 26. Situación y resultados de perfiles de emanometría. Baños de Molgas. Zona 2. E - 1/1.000.
- Plano n° 27. Situación y resultados de perfiles radiometría. Baños de Molgas. Zona 2. E - 1/1.000.
- Plano n° 28. Situación de perfiles de calicatas eléctricas, emanometría y radiometría. Orense E-- 1/10.000.
- Plano n° 29. Situación y resultados de calicatas eléctricas. Orense. Zona 1. E - 1/1.000.
- Plano n° 30. Situación y resultados de perfiles de emanometría. Orense. Zona 1 - E.- 1/1.000
- Plano n° 31. Situación y resultados de perfiles de radiometría Orense. Zona 1. E - 1/1.000.
- Plano n° 32. Situación y resultados de perfiles de emanometría. Orense. Zona 2 - E - 1/1.000.
- Plano n° 33. Situación y resultados de perfiles de radiometría. Orense. Zona 2 . E - 1/1.000.

- Plano n° 34. Plano de situación del Balneario de Partovia.
E - 1/50.000.
- Plano n° 35. Plano de situación y resultados de los perfiles de cuerpo cargado y calicatas eléctricas en el Balneario de Partovía R - 1/1.000.
- Plano n° 36. Plano de situación y resultados de la emanometría en el Balneario de Partovia E - 1/1.000.

1. INTRODUCCION

El presente proyecto tiene como finalidad estudiar dos zonas, comprendidas en la provincia de Orense, en la que son abundantes las manifestaciones termales ligadas a fracturas o zonas fracturadas. La existencia de estas anomalías térmicas, se puso de manifiesto en el año 1976 durante la ejecución del Inventario Nacional de Manifestaciones Termales, y completado en una segunda fase con el "Estudio de las Manifestaciones Termales de Galicia, orientadas a su posible explotación como Recursos Geotérmicos". Más tarde, en los años 1981 y 1982, se desarrolló una investigación más detallada en la provincia de Orense (Investigación Geotérmica de Rocas Calientes Secas en la zona Septentrional de la provincia de Orense), que definió las áreas más interesantes y las estructuras a que estaban ligadas estas anomalías geotérmicas.

Las áreas más interesantes, puestas de manifiesto mediante técnicas geoquímicas y geofísicas, son dos:

- Orense-Layas
- Baños de Molgas-Junquera de Ambia.

La primera tiene una superficie aproximada de 110 km² y se extiende a lo largo del río Miño, en dirección E-O, desde Orense hasta las inmediaciones del Balneario de Layas. Dentro de este entorno se han contabilizado 9 surgencias termales con temperaturas de salida del orden de los 60°C y un caudal medio de todas ellas cercano a los 100 l/s. La temperatura de los posibles reservorios, estimada mediante equilibrios termodinámicos fluidos-roca, oscila entre los 87°C y los 124°C.

La segunda zona tiene una extensión de unos 70 km², y se desarrolla a lo largo del río Arnoya en dirección E-O, desde el Balneario de Baños de Molgas hasta las inmediaciones de Allariz. En este área se encuentra un balneario activo, otro abandonado y dos manifestaciones termales.

Para cubrir los objetivos fijados en el presente proyecto se han desarrollado los siguientes trabajos:

- GEOLOGIA: Se ha cartografiado a escala 1/10.000 dos zonas situadas una, a lo largo del río Miño aguas abajo de Orense y la otra, en los alrededores de Baños de Molgas. Se han estudiado 23 muestras para determinar los distintos tipos pétreos presentes, y las posibles alteraciones de éstos debido a procesos hidrotermales.

También, se ha realizado un censo de fracturas y diaclasas, un total de 1567, para definir las distintas familias de fracturas y especialmente sus inclinaciones.

- ESTUDIO SISMO-TECTONICO: En este capítulo se han realizado tres labores distintas. La primera, ha sido un tratamiento de los datos de fracturación obtenidos durante la ejecución del proyecto, Investigación Geotérmica de Rocas Calientes Secas en la zona septentrional de la provincia de Orense, con el fin de conseguir un plano de isofracturación a escala 1/100.000.

La segunda ha sido, un estudio de la fracturación a esca la 1/500.000, mediante la utilización de fotografía Satelitaria, a escala regional y en el que se han incluido los datos sísmicos y las distintas manifestaciones termales, con el fin de establecer las relaciones entre estos tres fenómenos.

Por último y con la utilización de las fotografías sate litarias, se ha intentado para la zona occidental de la provincia de Orense de establecer megafracturas, corresponden las dis tintas surgencias termales. Este estudio se ha realizado a esca la 1/100.000.

- ESTUDIO GEOQUIMICO: Ha consistido en completar la malla geoquí mica, realizada en proyectos anteriores, encaminada a definir zo nas de anomalías geoquímicas mediante la utilización de los equi librios roca-agua.

- ESTUDIO GEOFISICO: Se han utilizado una serie de técnicas, ca licatas-trielectrónicas, cuerpo cargado, emanometría y radiome trías, orientadas a probar su utilidad en la detección de frac turas con circulación de fluidos termales.

- MODELO TERMICO: Con el fin de conocer la distribución de las isothermas producidas por la presencia de una fractura, con cir culación de fluidos termales, se ha realizado una serie de mode los térmicos, teniendo en cuenta diversos valores del gradiente geotérmico, y distintos supuestos en la distribución de las tem peraturas dentro de la fractura, en el sentido vertical.

- SINTESIS Y METODOLOGIA: Por último, en este capítulo se ha - resumido todos los trabajos realizados en anteriores proyectos, dentro del área de estudio, y se han analizado las diversas téc nicas empleadas y su validez para los objetivos propuestos.

La ejecución del presente proyecto, publicado en el BOE n° 237 del 4 del 12 de 1983 fue adjudicado a la empresa Ibérica de Especialidades Geotécnicas (IBERGESA) mediante concurso público

En su elaboración han intervenido los siguientes técnicos:

- José M^a Mena Ingles.
Geólogo
Responsable del Proyecto.
- Emilio Dorado Osorio.
Ingeniero Técnico de Minas
- Rafael Monsalve Romero.
Ingeniero de Minas.
- Ernesto Orellana Silva.
Doctor en C. Físicas
- Mariano Higuera Gil.
Físico.
- José Luis Kaiser Ruiz del Olmo.
Ingeniero Técnico Forestal.
- Victorio Monteserin López.
Geólogo.
- Antonio Perez Rojas.
Geólogo.

2. GEOLOGIA

2.1. INTRODUCCION

En este apartado se estudian geológicamente dos zonas a escala 1/10.000. Una de ellas se localiza al W de Orense y la otra, en los alrededores de Baños de Molgas. En esta investigación junto con las delimitación geométrica de los distintos grupos pétreos, se ha realizado un estudio petrográfico para definir éstos. También se han analizado algunas muestras mediante la utilización de láminas delgadas, para reconocer posibles alteraciones de tipo hidrotermal como consecuencia de la circulación de fluídos calientes.

Una segunda parte de la investigación ha sido, la medición en una serie de lugares de fracturas y diaclasas con el fin de definir, como principal objetivo, los buzamientos de las distintas familias de fracturación.

2.2. GEOLOGIA

2.2.1. INTRODUCCION

Las áreas de estudio a que se refiere el presente trabajo son dos y se sitúan en el Centro-Norte de la Provincia de Orense. Se encuadran respectivamente en las hojas de Orense (187) y Allariz (226).

Dentro del marco de la geología regional, las zonas, se sitúan en el Macizo Hespérico e Iberico y concretamente al Norte de la zona Centro-Ibérica según el esquema paleogeográfico establecido por LOTZE, F. (1945), modificado por MATTE, Ph (1968) y JULIVERT, M. (1972).

La zona Centroibérica, que corresponde al área que nos ocupa, se caracteriza por: Ausencia de sedimentos Devónicos y Carboníferos, predominio pizarroso en el Ordovícico y el Silúrico, -- ausencia de un Cámbrico en ciertas regiones y presencia de diversos complejos de rocas básicas como Ortegál, Ordenes, Lalín, -- etc.

Para las áreas concretas de estudio que abarca este trabajo se hace una descripción común, tanto para la zona de Orense, como para la de Baños de Molgas. La cartografía de ambas refleja una gran predominancia de rocas graníticas y escasos tramos esquistosos. Al ser estos muy reducidos para hacer la descripción de capítulos como el de Tectónica es preciso recurrir a la geología regional

2.2.2. ESTRATIGRAFIA

2.2.2.1. PRECAMBRICO-TREMADOC. Esquistos (6)

Se desconoce la edad de los materiales metasedimentarios de esta área, al ser azoicos, dado el intenso metamorfismo tanto regional como de contacto que los afecta. Se consideran entre el Precámbrico y el Tremadoc dada la posición estructural dentro del marco de la geología regional.

Las rocas metamórficas aflorantes en la zona que nos ocupa son escasas y ocupan áreas muy restringidas en las inmediaciones de Orense. Los afloramientos están aquí muy alterados y -- por ello se realiza la descripción de dichas rocas basándose -- principalmente en datos regionales relativamente próximos, de -- idénticas características de composición, texturales, deforma-- ción, etc.

Estas rocas aflorantes entre granitos se encuadran regionalmente dentro del "Area esquistosa de Galicia Central" y dentro de ella formarían parte del tramo inferior de la secuencia -- metasedimentaria que algunos autores denominaron "Grupo de Nogueira" (Oeste de la Hoja de Orense). Esta secuencia, al menos en su parte basal, está formada por esquistos grafitosos con porcenta-

je variable de cuarzo, cuarcitas en bancos delgados, areniscas gráficas y esquistos. Entre todos ellos suelen ser frecuentes las inyecciones graníticas aprovechando los planos de debilidad creados por la Esquistosidad 2^a (S_2) y también suelen detectarse entre dichos materiales intercalaciones de rocas calcosilicatadas así como rocas volcánicas (riolitas). El aspecto de los esquistos es a veces brillante lustroso debido a que los granitos circundantes desarrollan un amplio metamorfismo de contacto.

El espesor mínimo para esta serie es del orden de los - 1.500 m.

Análisis microscópicos indican que los esquistos satinados están formados por micas, moscovita y biotita, alargadas según la esquistosidad principal (S_2) y de granos de cuarzo que les confieren un aspecto bandeado. En áreas próximas se detectaron minerales de metamorfismo como: andalucita, estaurolita, granate y sillimanita.

2.2.3. CUATERNARIO

2.2.3.1. CONGLOMERADOS, GRAVAS, ARENAS Y LIMOS. TERRAZAS (7-8)

Se detectaron en la zona de Orense dos terrazas sobre el río Miño, la primera de las cuales se sitúa entre los 50-60 m - sobre el nivel del río y la segunda entre los 10-15 m.

Ambas terrazas tienen una composición litológica más o menos idéntica, constan de cantos y bloques de cuarcita y arenisca empastados en una matriz arcilloso-arenosa. Estos cantos

son muy heterométricos alcanzando el máximo tamaño (15 cm de diámetro) en la primera de las citadas terrazas. La segunda terraza parece tener aquí superior desarrollo (extensión lateral) y estar recubierta en parte (sobre todo al Sur del Río Miño) por los derrubios de ladera procedentes de los relieves circundantes.

2.2.3.2. ARENISCAS Y GRAVAS (DEPOSITOS DE BARRA) (9)

Aunque tienen una cierta extensión lateral, solo se detectan en épocas de estiaje (nivel bajo de las aguas). Consisten, estos depósitos, en arenas, gravas y cantos con predominio de cuarcitas y areniscas sobre cuarzo, pizarra y neises. En la época de crecida quedan totalmente recubiertos por las aguas.

2.2.3.3. ALUVIAL INDIFERENCIADO Y CAUCE ACTUAL (10)

El aluvial indiferenciado tiene amplio desarrollo en la zona de Baños de Molgas. Los principales componentes que lo forman son arcillas, arenas y gravas. Estos depósitos presentan escasos y malos afloramientos. Adentrándose en la Cuenca de Maceda se encuentran sedimentos arcilloso-arenosos de color negro que implican unas condiciones reductoras en su sedimentación (medio palustre).

2.2.4. TECTONICA

La zona de estudio que nos ocupa es reducida y por ello la tectónica que se describirá se refiere a un ámbito más regional.

El conjunto de materiales metasedimentarios está afectado por una deformación polifásica acompañada de metamorfismo y magmatismo.

Fase 1^a.- No se observan pliegues atribuibles a ella, si bien se puede observar una esquistosidad S_1 en charnelas de -- pliegues de Fase 2, en relictos, en forma de inclusiones orientadas y rectilíneas o bien la existencia de arcos poligonales - que indican que la esquistosidad más aparente no es realidad la primera. Paralela a la esquistosidad S_1 se desarrolla una exudación de cuarzo, que indica un bajo grado metamórfico, que permite la disolución por presión. Cuando el grado de metamorfismo - es bajo el tipo de esquistosidad es "slaty cleasage". Cuando el metamorfismo es más elevado presenta características de "schistosity".

Fase 2^a.- Hay numerosos pliegues atribuidos a ella. Estos pliegues llevan asociada una esquistosidad de plano axial - que es la anisotropía más penetrativa a escala regional. Los -- pliegues tienen escala deci-centimétrica, son asimétricos, vergentes al Este y casi subhorizontales. Hay evidencias de un proceso de aplastamiento en el desarrollo de los pliegues de F_2 -- por un intenso budinage que afecta sobre todo a las venas de - cuarzo producidas durante la 1^a Fase. Desarrolla dos tipos distintos de esquistosidad dependiendo de factores como litología, grado de metamorfismo e intensidad de la deformación "schistosity" y esquistosidad de crenulación. La 1^a es la más frecuente y se originó a partir de la esquistosidad de crenulación por un progresivo apretamiento y destrucción de los flancos de los micropliegues.

El resultado de ello sería una alternancia de bandas micá ceas y otras ricas en cuarzo que significan un "tectonia bauding". Si estas evidencias están ausentes la "schistosity" puede originarse por reaplastamiento y reinstalación de la primera esquis-

tosidad. Si puede por ello estar borrada. La esquistosidad de crenulación es menos frecuente y representa un estudio menos avanzado en el desarrollo de S_2 .

Fase 3^a.- Es la responsable de las estructuras generales de la zona y se manifiesta con pliegues de gran longitud de onda a la que se asocian pliegues menores y una esquistosidad de crenulación. Los planos axiales son subverticales y los ejes subhorizontales de dirección SSE-NNO e inmersión variable a gran escala, debido probablemente a las intrusiones graníticas y abundantes en toda el área. La geometría de los pliegues varía de subsimilares a concéntricas. La coexistencia de pliegues de Fase 2 y Fase 3 da lugar a figuras de interferencia. La esquistosidad S_3 de crenulación es poco penetrativa si bien se deben a ella las orientaciones micáceas detectadas en los granitos de dos micas.

Fases tardías.- Posteriormente a esas tres fases se desarrollan en el área estructuras entre las que destacan varios sistemas de fracturas, que llevan muchas veces asociadas diaclasas y "Kink-bands" verticales. En áreas próximas las fallas tienen una componente dominante de "strike slip" dextrogiro.

2.2.5. ROCAS GRANITICAS

- Serie calcoalcalina

Granodiorita tardía de biotita, de grano medio a grueso (5).

Se describe en este apartado la granodiorita tardía de Orense, que es un macizo de forma triangular que corta al resto de las estructuras sin relación aparente con las mismas. No existe

ten datos respecto a su emplazamiento aunque es claramente posterior a la Fase. 3.

El contacto con las rocas encajantes suele ser neto y produce, cuando los esquistos están presentes, una amplia aureola de metamorfismo de contacto. Presentan como rasgos geomorfológico - característico, disyunción bolar. Dentro del batolito y próximas a los bordes del mismo pueden ser habituales los enclaves de -- corneanas. Es un macizo pobre en volátiles con escaso cortejo filoniano.

Suele ser habitual una zona de borde de grano fino, que en esta área de estudio presenta dificultades de observación dado que se está en el área metropolitana de Orense con esporádicos y malos afloramientos. Estas facies, en zonas con mejor desarrollo, suelen presentar granulometrías finas con raros megacristales de feldespatos y la casi habitual presencia de andalucita.

El aspecto general del macizo refleja la presencia de - unas rocas de tono gris-blancuecino, tamaño de grano grueso, que va aumentando desde el borde hacia el centro. El interior del macizo es una roca granuda inepigranular, con biotita predominante, escasa moscovita y abundantes fenocristales de feldespato potásico.

La textura es granuda hipidiomorfa con tendencia a porfídica. Los minerales más abundantes son cuarzo, feldespato potásico, biotita y plagioclásas. Como accesorios están la moscovita, apatito, circón y opacos.

Granitos de dos micas (1 - 2 - 3 - 4).

- Serie alcalina

Esta subdivisión de rocas calcoalcalinas y alcalinas se establece de acuerdo a los criterios seguidos por CAPDEVILA, R y FLOOR, P (1970), así como FERRAGNE, A (1966) para los granitos y granitoides del Noroeste de la Península Ibérica.

El estudio de la zona de contacto de los metasedimentos con los granitos de dos micas permite establecer la edad de emplazamiento de estas rocas. Así la relación de los contactos, como la de los diques con respecto a las deformaciones descritas, en el capítulo de Tectónica, requiere una edad de emplazamiento pre a sintectónica con respecto a la fase 3^a. Esta edad puede variar sin embargo dependiendo de los macizos graníticos que se consideren.

En la presente descripción se engloban tanto los granitos de Orense como los de Baños de Molgas, de idénticas características. Ambos son precinemáticos respecto a la Fase 3^a, dado que se observan frecuentes orientaciones micáceas correspondientes a esa fase de deformación.

Estos granitos se encuentran a escala regional, más o menos alargados de acuerdo a las alineaciones estructurales hercínicas. Son ricos en volátiles ya que se encuentran en ellos numerosas diferenciaciones diseminadas de pegmatitas, así como numerosos filones de cuarzo y pegmoaplitas.

Suelen ser frecuente en estos macizos, los enclaves netos de cuarcitas, micaesquistos y corneanas.

Para todos ellos se hace una descripción común ya que las variaciones se refieren exclusivamente al tamaño de grano. Estos granitos de dos micas pueden en ocasiones presentar características porfídicas con regulares orientaciones de los megacristales de feldespatos.

Grano grueso: dos micas, heterogranulares, hipidiomorfo, con frecuentes fenocristales de feldespato potásico, sustituyendo a la plagioclasa.

Grano medio-fino: carece casi siempre de fenocristales, es más equigranular y tiene mayor proporción de moscovita.

Los de grano grueso y fino son texturalmente más homogéneos mientras que en los tipos medio-grueso y medio-fino se engloban rocas de tamaño más heterogéneo. En ocasiones hay zonas con moscovitización importante.

Los componentes esenciales son: feldespato potásico, cuarzo, biotita y moscovita. Los accesorios apatito, circón y a veces sillimanita.

La tectura es granuda hipidiomorfa a panalotriomorfa. El feldespato potásico se presenta en formas irregulares, a veces tabulares, en general mayores que el tamaño medio del grano. -- Presenta macla de Karlsbad y a veces está sin maclar. En ocasiones se evidencian pertitas. La plagioclasa no siempre está maclada y si lo está es en macla polisintéticas generalmente imperfectas. El cuarzo alotriomorfo presenta extinción ondulante. También se suelen observar lechos orientados de biotita con inclusiones de cristales de circón y apatito. Las proporciones de biotita y moscovita son variables, a veces con notable predominio de la última.

El macizo está muy fracturado con abundantes zonas cataclásticas.

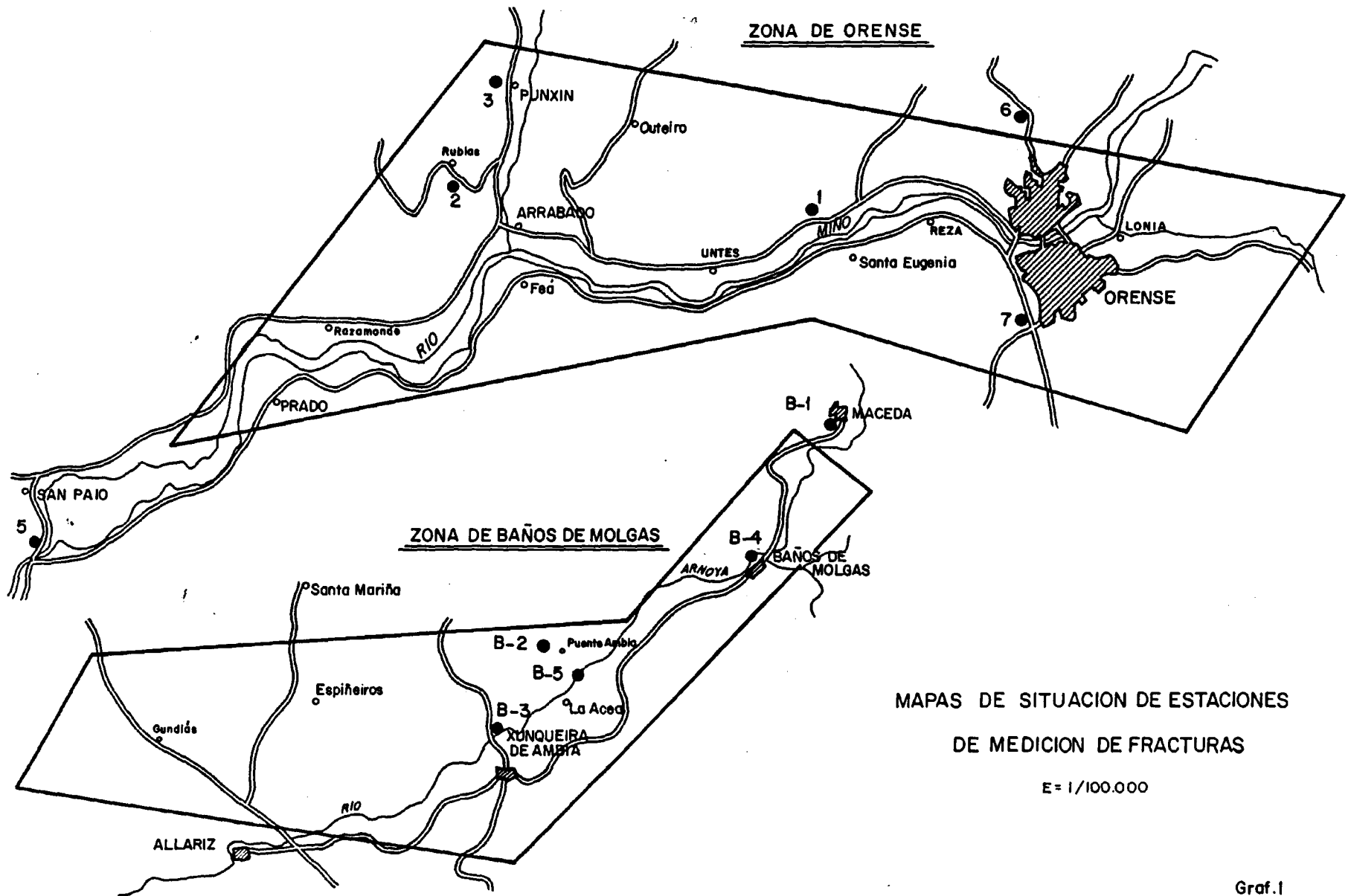
2.2.5.1. ESTUDIO PETROLOGICO

Como complemento al estudio geológico, se han tomado 23 muestras de granitos y granodioritas con el fin de ver posibles alteraciones, de las rocas graníticas, en las proximidades de las mas importantes manifestaciones termales. De estas 23 muestras, 22 se han tomado en la Zona de Orense y 1 en la Zona de Baños de Molgas. Si el muestreo se ha limitado, casi exclusivamente, a la Zona de Orense, es sencillamente por su mayor importancia en cuanto a surgencias, temperaturas y caudales, y su mayor variación geológica.

La situación y numeración de las muestras vá reflejado en los planos geológicos números 1 y 2. En el anejo n°1 están las fichas del estudio petrológico de cada muestra y una breve descripción visual de la roca de campo.

- Conclusiones

Petrográficamente las rocas corresponden a granitos de dos micas de serie alcalina y a granodioritas de la serie calcoalcalina. En ellas se han estudiado con especial interés los fenómenos de alteración tardía por si pudieran relacionarse con las salidas de agua caliente. Para ello se han utilizado los índices de deterioración de Ordaz y Esbert para los feldespatos y los minerales máficos. No se emplea sin embargo el del cuarzo, ya que éste habla de deformación mecánica. Del estudio de los resultados obtenidos para estos índices, se deduce que estos son en general mucho más elevados en las muestras próximas a las fuentes termales. En principio se supone que el índice de feldespatos tiene menor incidencia, ya que a veces dá valores altos en las zonas alejadas de las salidas de agua caliente. La alteración que se observa en los minerales máficos consiste en una primera fase de lixiviación de biotita a moscovita, seguida de un fenómeno de neoformación de clorita y feldespato potásico de baja temperatura, probablemente audularia.



- Estación 5 y 5-a.- En la cerrada del pantano de Castrelo de Miño (100 diaclasas).
- Estación 6.- Carretera de Orense a Vilar, a 3 km de Orense (246 diaclasas).
- Estación 7.- Carretera de circunvalación de Orense, a unos 200 m del desvio hacia Portugal (172 diaclasas).

En la zona de Baños de Molgás las estaciones han sido cinco (gráfico nº 1).

- Estación B-1.- En Maceda (123 diaclasas).
- Estación B-2.- En Pte. Ambia (93 diaclasas).
- Estación B-3.- En Pte. Bañino-Junquera de Ambia (1-5 diaclasas)
- Estación B-4.- Baños de Molgas (64 diaclasas)
- Estación B-5.- En la Acea (86 diaclasas).

Los datos de dirección y buzamiento de las diaclasas censadas se han representado, con la utilización de la proyección estereográfica, en una serie de diagramas. El método consiste en representar el polo de la perpendicular al plano de la diaclasas. Con esto, se obtiene el diagrama de polos, para luego mediante la ayuda de un "contador" de polos construir el diagrama de frecuencia de diaclasas. Una vez conseguido éste se puede conocer las direcciones y buzamientos de las distintas familias.

Esta representación se ha realizado para cada una de las estaciones consideradas. Los resultados de este estudio se citan a continuación.

ZONA DE ORENSE

- Estación 1 y 1-a (gráfico n^{OS} 2 y 3).

Set 1 N - 167° 81°E (5,4%)

Set 2 N - 90° 77°N (4,9%)

- Estación 2 (gráfico n^{OS} 4 y 5)

Set 1 N - 40° 84°S (19,1%)

- Estación 3 (gráficos n^{OS} 6 y 7)

Set 1 N - 72° 82°S (22,2%)

Set 2 N - 90° 74°N (8,8%)

Set 3 N - 0° 90° (6,6%)

- Estación 4 (gráficos n^{OS} 8 y 9)

Set 1 N -166° 86°O (13,4%)

Set 2 N - 90° 83°N (10,0%)

- Estación 5y 5-a (gráficos n^{OS} 10 y 11)

Set 1 N -155° 89°O (17,0%)

Set 2 N - 0° 87°O (9,0%)

Set 3 N - 90° 86°N (9,0%)

- Estación 6 (gráficos n^{OS} 12 y 13)

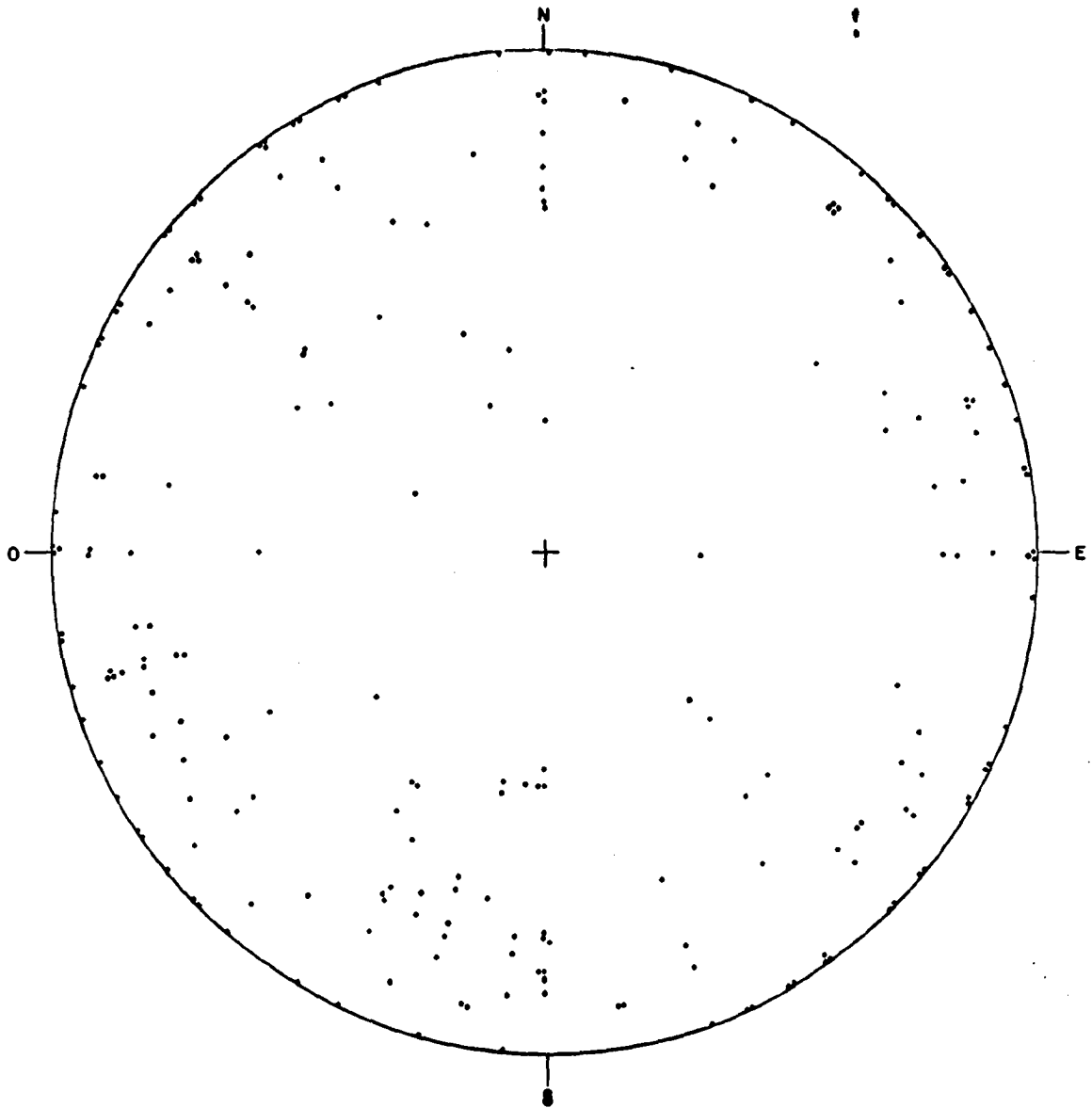
Set 1 N - 90° 86°S (8,9%)

Set 2 N - 39° 82°O (8,9%)

- Estación 7 (gráficos n^{OS} 14 y 15)

Set 1 N - 47° 70°O (7,5%)

Set 2 N - 15° 20°E (6,9%)



GRAFICOS DE POLOS DE FRACTURAS

Estación 1 y 1-A (Orense)

Denominación-Cantera y trinchera de F.F.C.C. de Canedo

Nº de fracturas censadas - 185 -

Gráfico nº 2

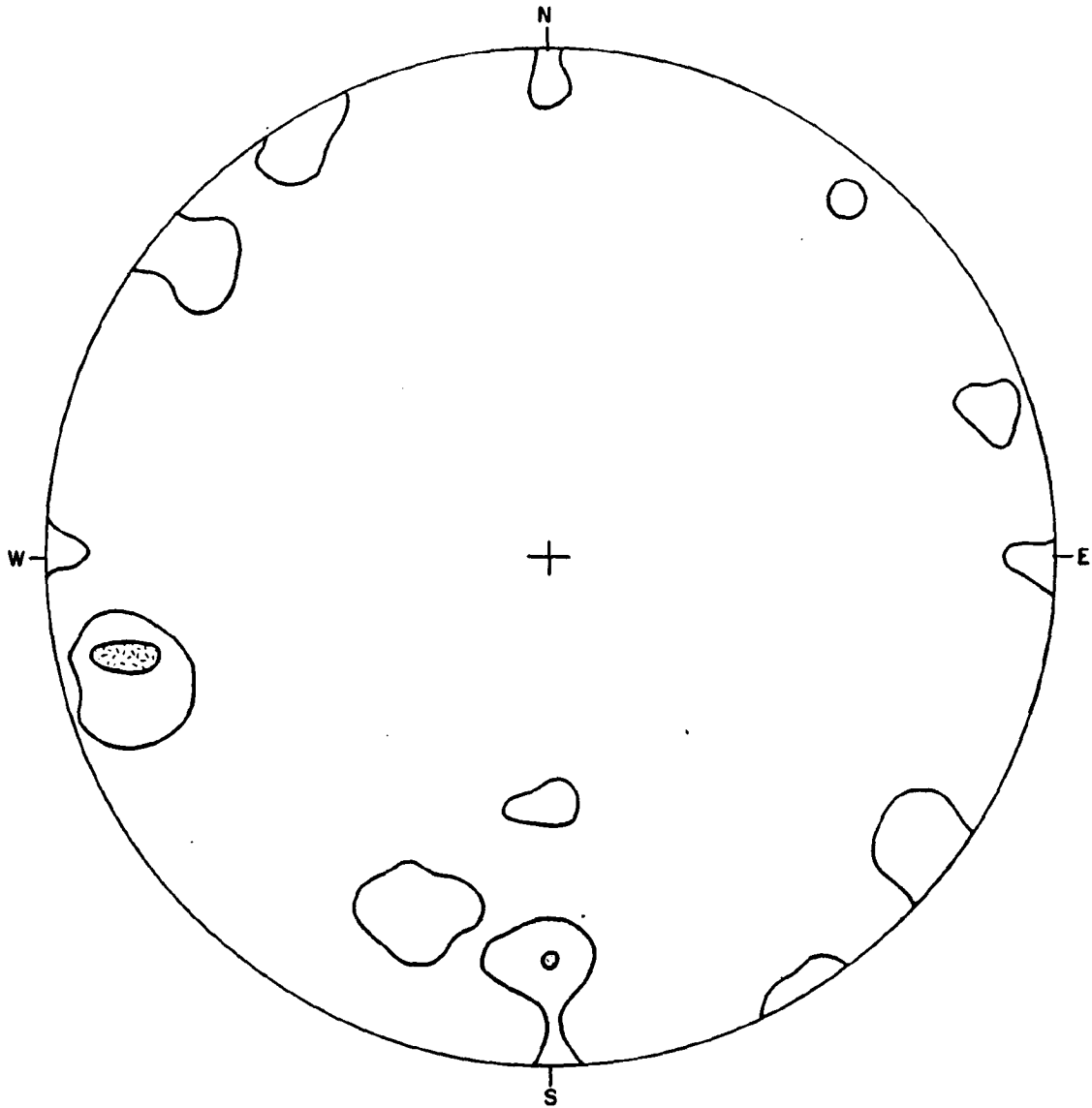
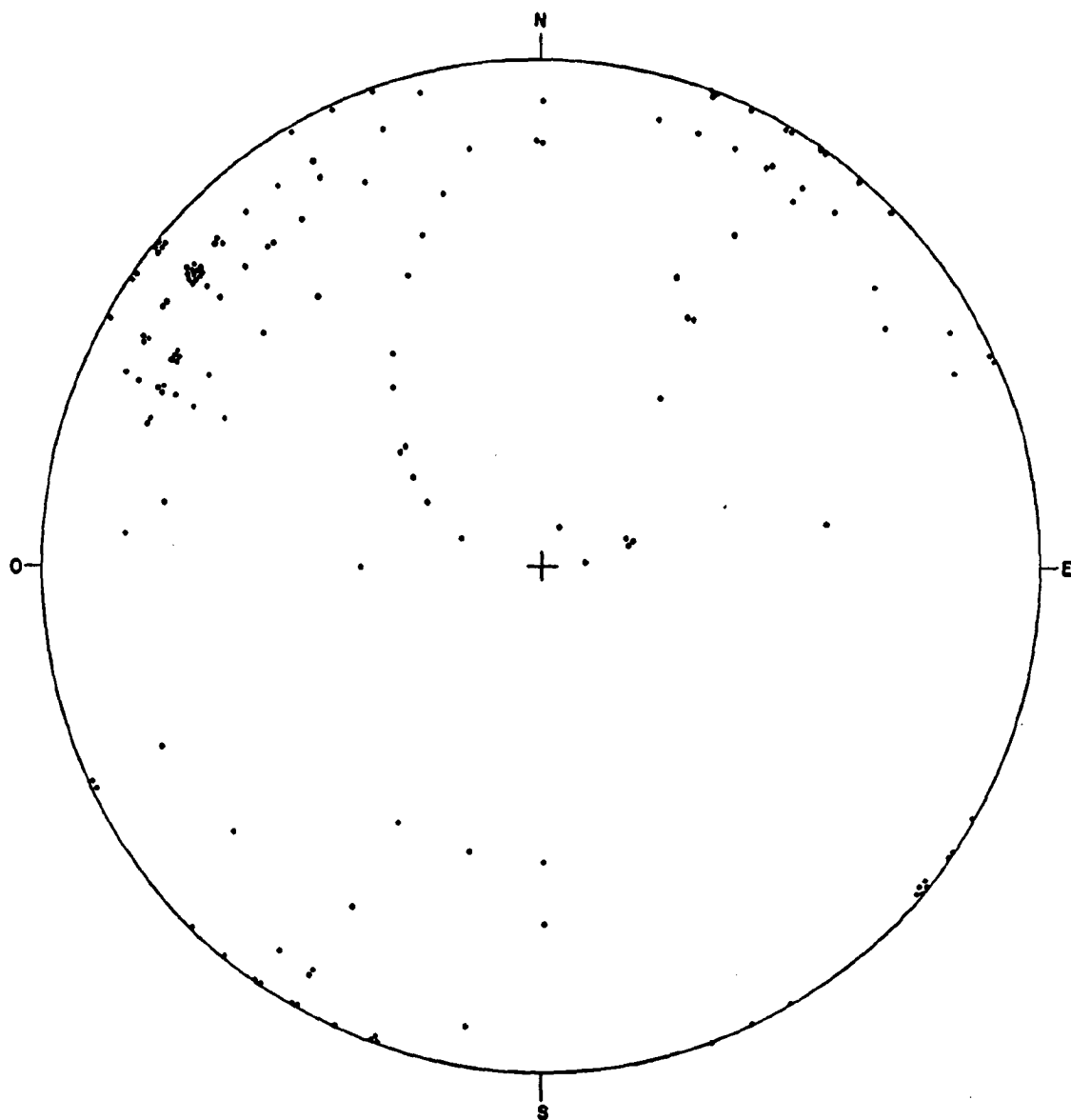


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estacion: 1 y 1a (Orense)

<u>AREAS DE FRECUENCIA</u>		<u>NIVELES DE FRECUENCIA</u>	
0 <	[] < 2'5%	< 5	fracturas
2'5% <	[] < 5%	2'5%	(5 fracturas)
5% <	[] < 7'5%	5%	(9 fracturas)
	[] < 7'5%	7'5%	(14 fracturas)

Nº TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 185



GRAFICOS DE POLOS DE FRACTURAS

Estación - 2 (Orense)

Denominación - Ctra de Barbadantes a Ourantes

Nº de fracturas censadas - 124 -

Gráfico nº 4

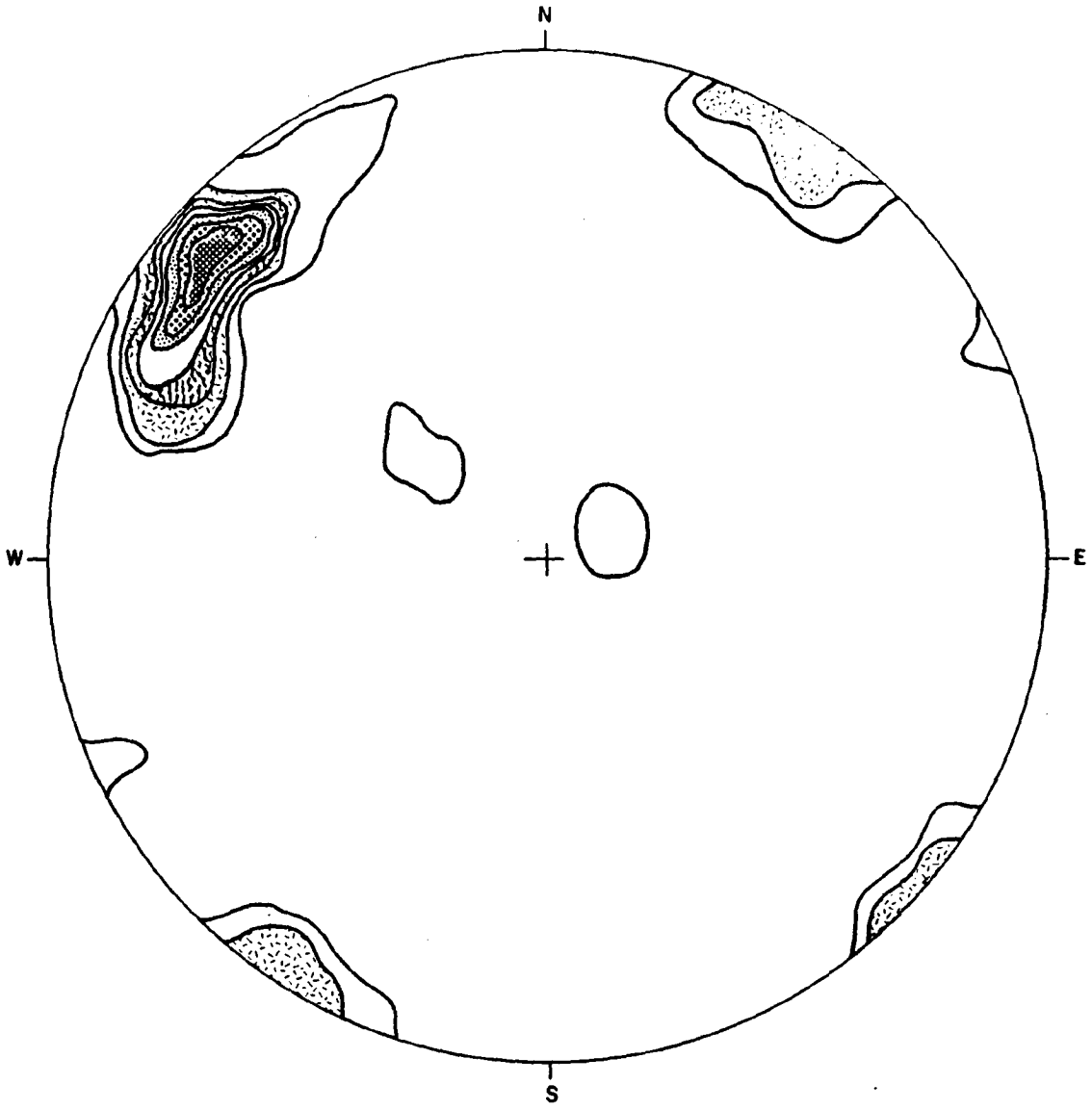


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estacion: 2 (Orense)

AREAS DE FRECUENCIA		NIVELES DE FRECUENCIA	
0% < [] < 2'5%	-----	< 3 fracturas	
2'5% < [] < 5%	-----	2'5% (3 fracturas)	
5% < [] < 7'5%	-----	5% (6 fracturas)	
7'5% < [] < 10%	-----	7'5% (9 fracturas)	
10% < [] < 12'5%	-----	10% (12 fracturas)	
12'5% < [] < 15%	-----	12'5% (15 fracturas)	
15% < [] < 17'5%	-----	15% (18 fracturas)	
17'5% < [] < 20%	-----	17'5% (22 fracturas)	
	-----	20% (25 fracturas)	

N.º TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 124

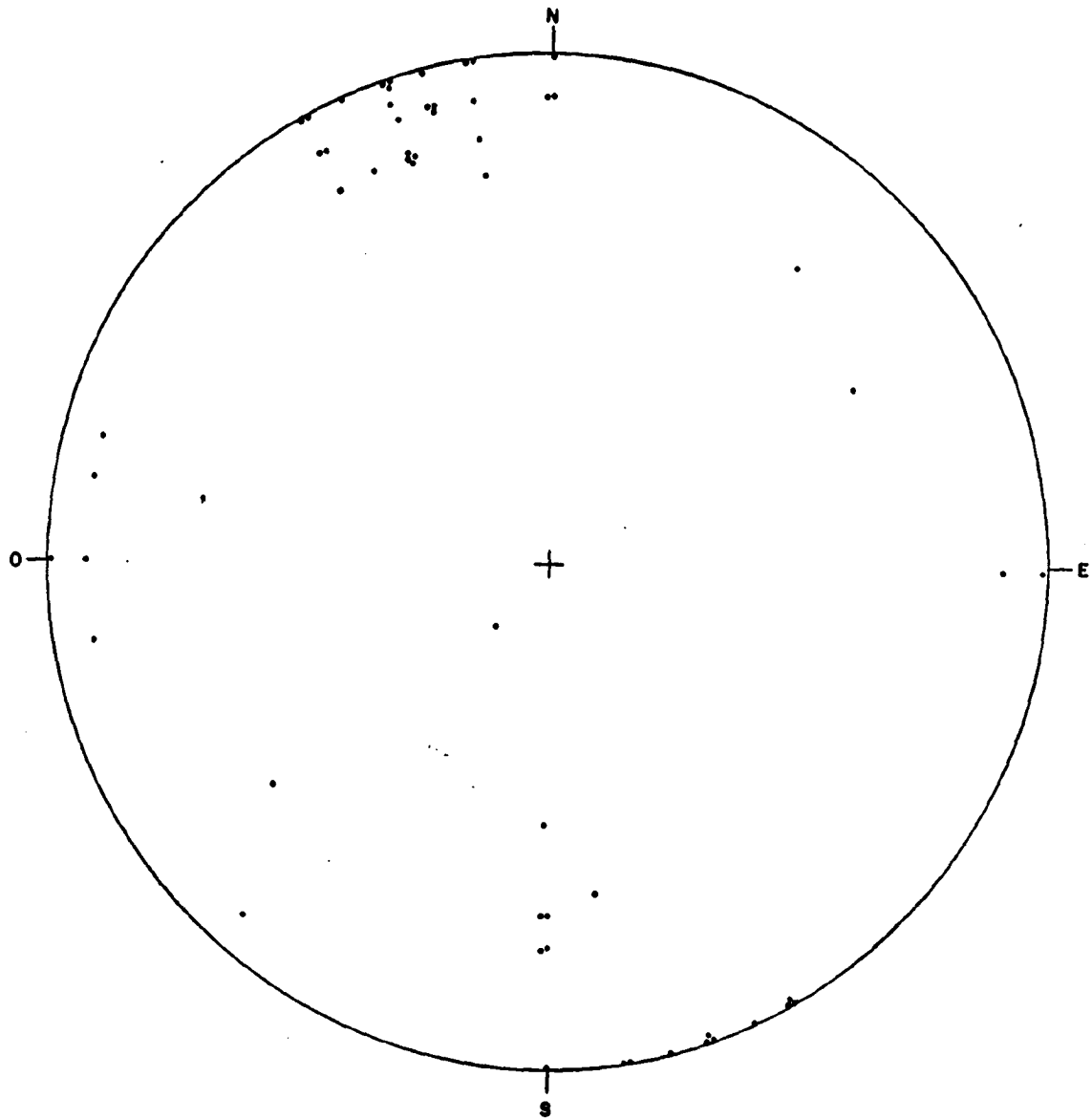


GRAFICO DE POLOS DE FRACTURAS

Estación - 3 (Orense)

Denominación - Excavación en Punxín

Nº de fracturas censadas - 49 -

Gráfico nº 6

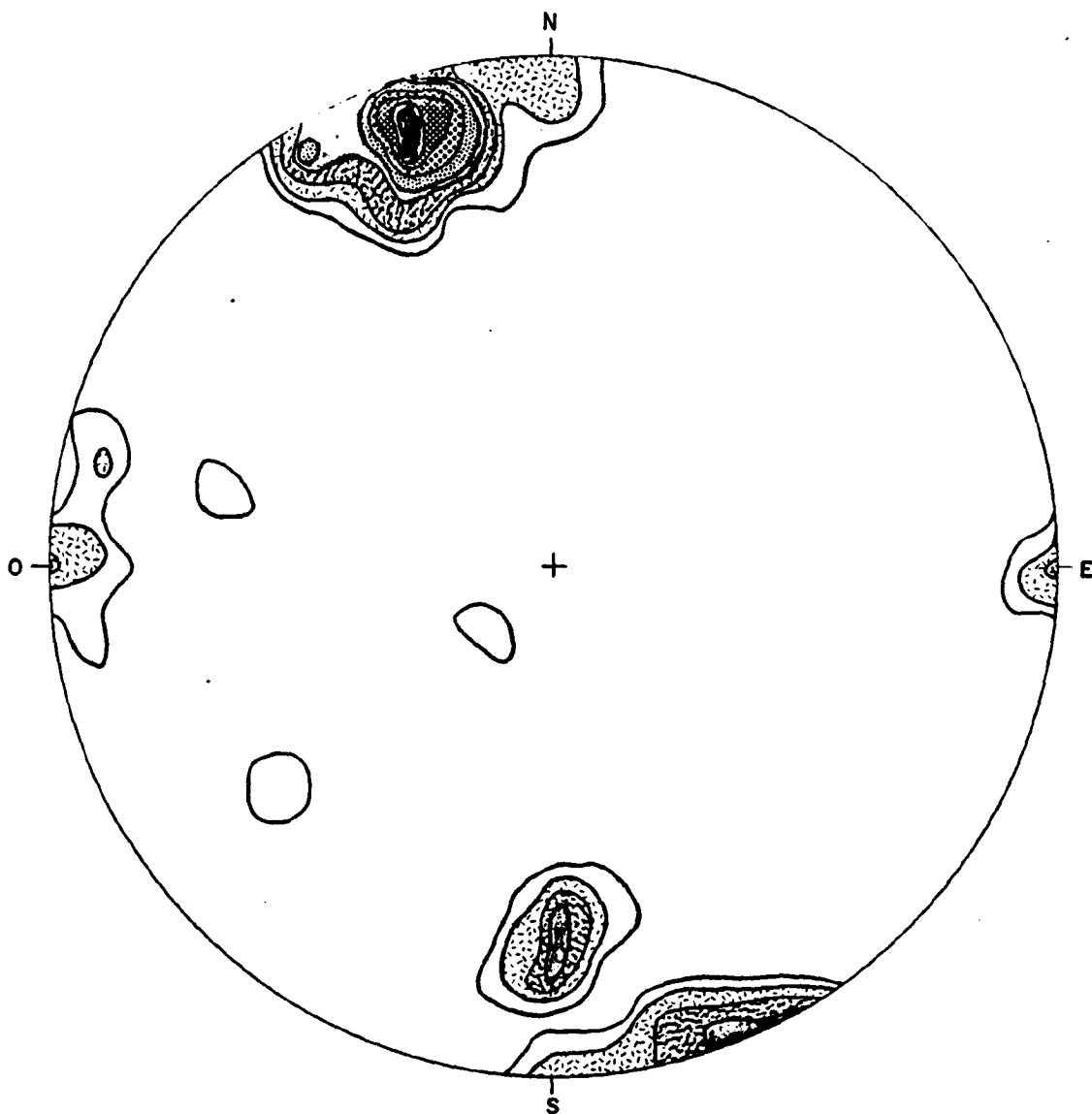


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estación: 3 (Orense)

AREAS DE FRECUENCIA		NIVELES DE FRECUENCIA	
0 < [] < 2'5%		2'5% (1 fracturas)	
2'5% < [] < 5%		5% (2 fracturas)	
5% < [] < 7'5%		7'5% (3 fracturas)	
7'5% < [] < 10%		10% (4 fracturas)	
10% < [] < 12'5%		12'5% (6 fracturas)	
12'5% < [] < 15%		15% (7 fracturas)	
15% < [] < 17'5%		17'5% (8 fracturas)	
17'5% < [] < 20%		20% (9 fracturas)	
20% < [] < 22'5%		22'5% (10 fracturas)	
22'5% < [] < 25%		25% (11 fracturas)	

TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 4

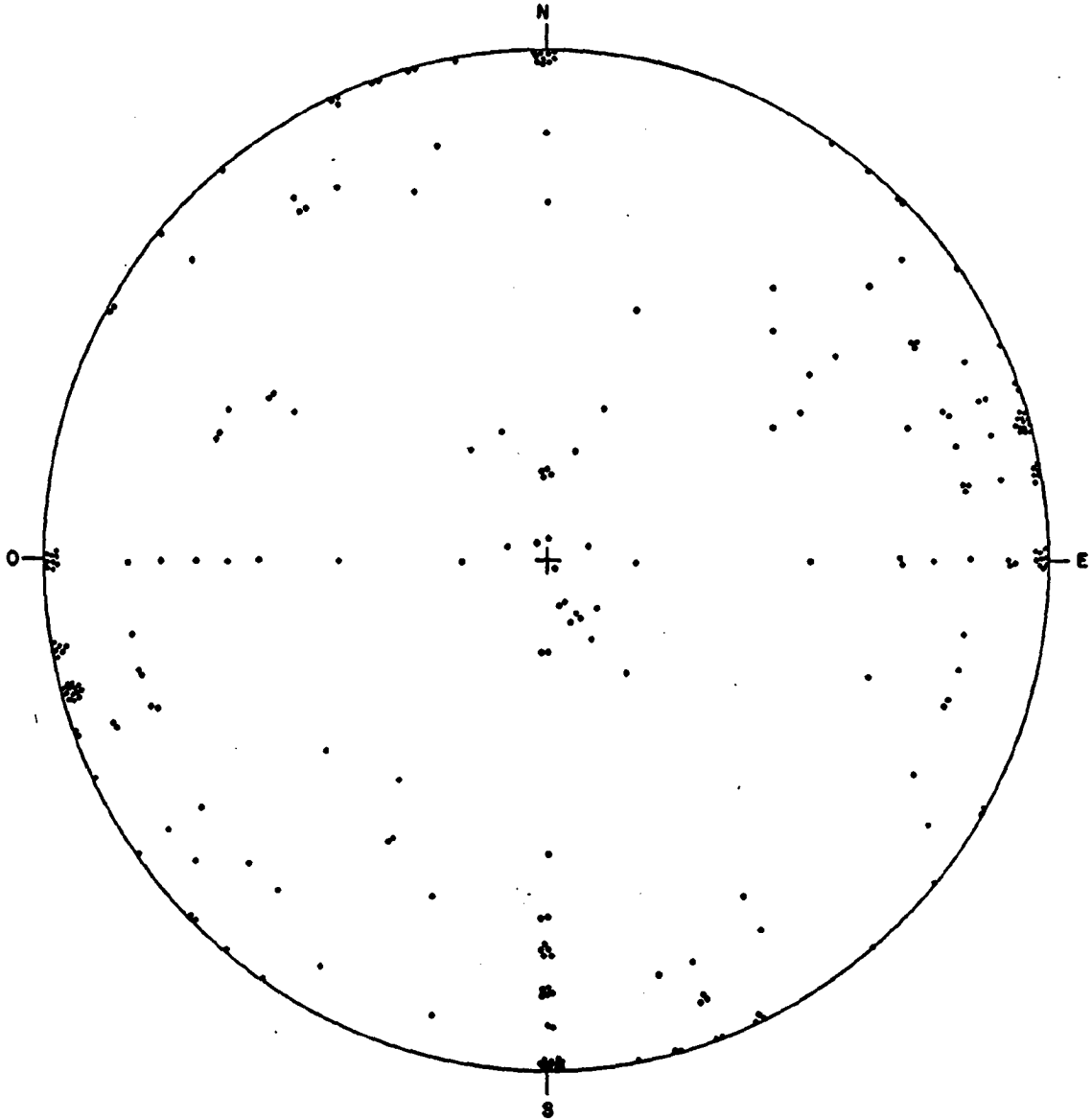


GRAFICO DE POLOS DE FRACTURAS

Estación - 4 (Orense)

Denominación - Cantera de Sta. Eugenia de Barbadanes

Nº de fracturas censadas - 187 -

Gráfico nº 8

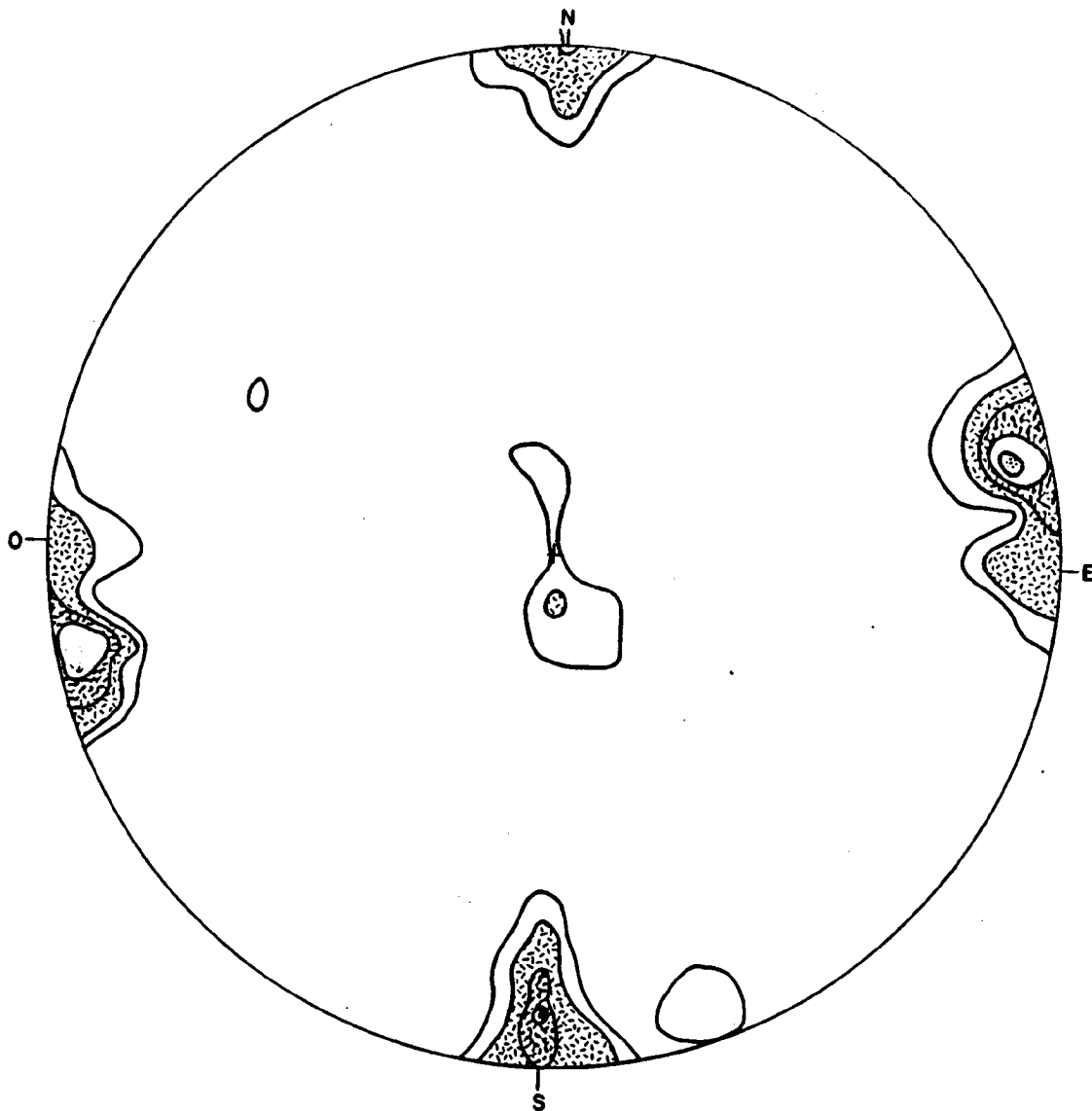
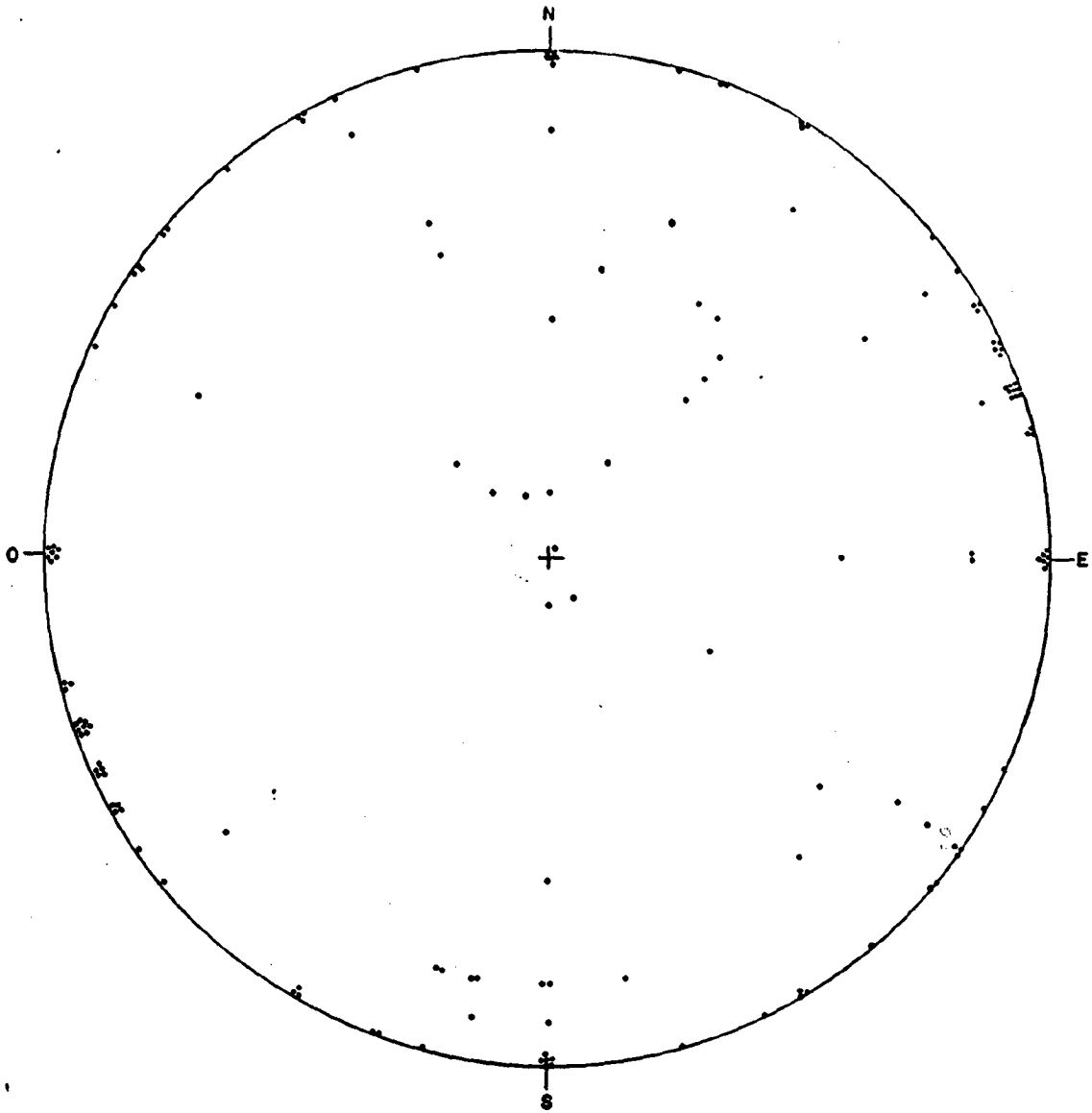


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estacion: 4 (Orense)

<u>AREAS DE FRECUENCIA</u>		<u>NIVELES DE FRECUENCIA</u>	
0 <	< 2'5%	< 5	fracturas
2'5% <	< 5%	2'5%	(5 fracturas)
5% <	< 7'5%	5%	(9 fracturas)
7'5% <	< 10%	7'5%	(14 fracturas)
10% <	< 12'5%	10%	(19 fracturas)
12'5% <	< 15%	12'5%	(23 fracturas)
		15%	(28 fracturas)

*** TOTAL DE FRACTURAS CENSALAS = 167



GRAFICOS DE POLOS DE FRACTURAS

Estación - 5 y 5-A (Orense)

Denominación - Embalse de Castrelo de Miño

Nº total de fracturas censadas - 100 -

Grafico nº 10

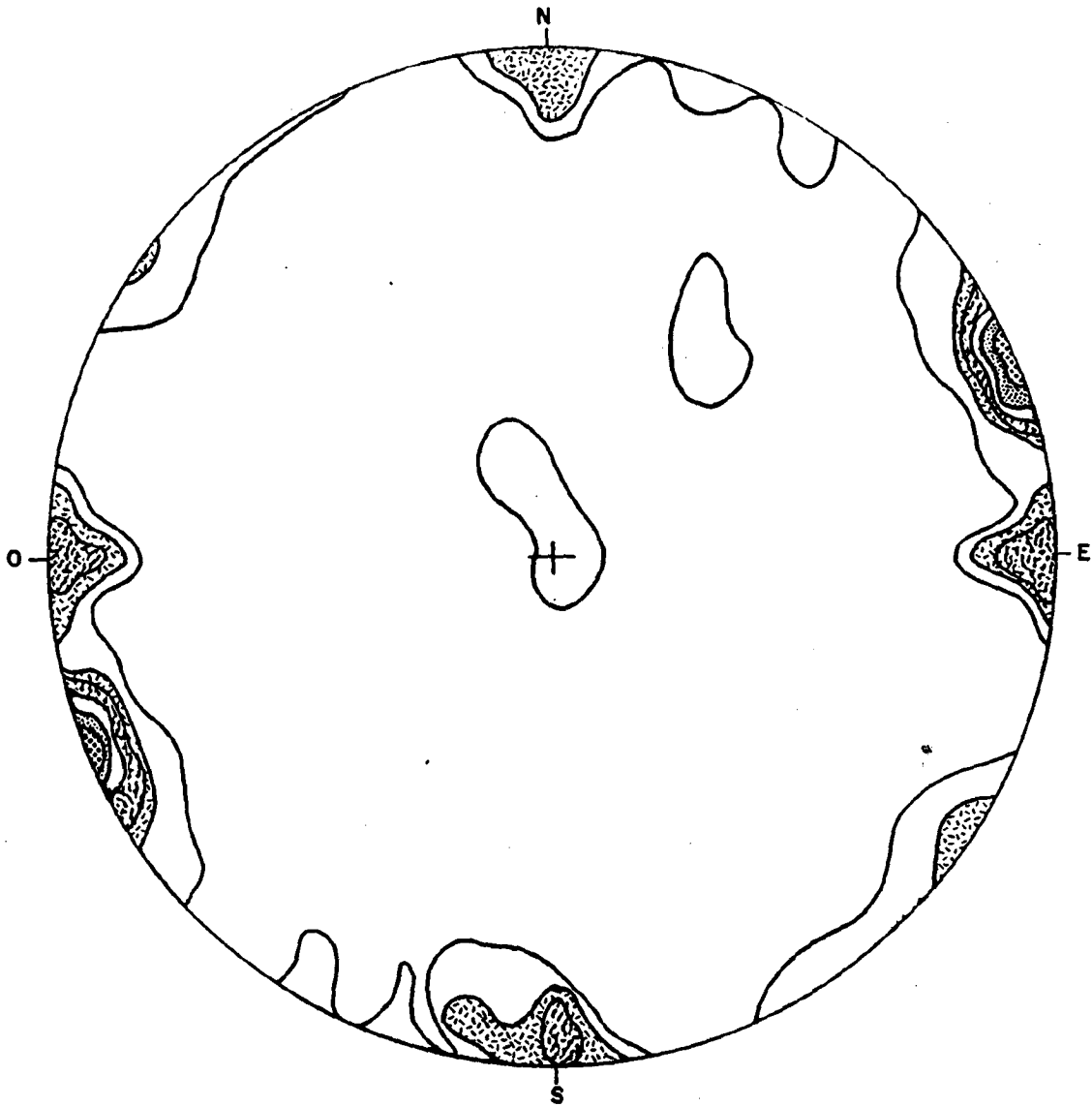
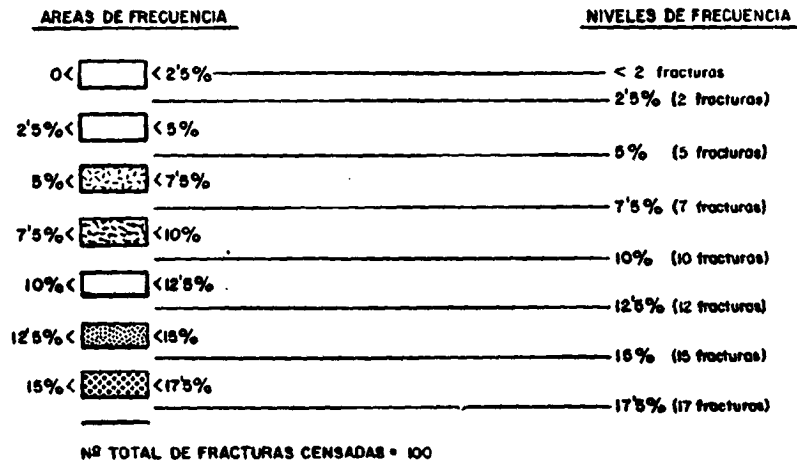


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estacion: 5 y 5a (Orense)



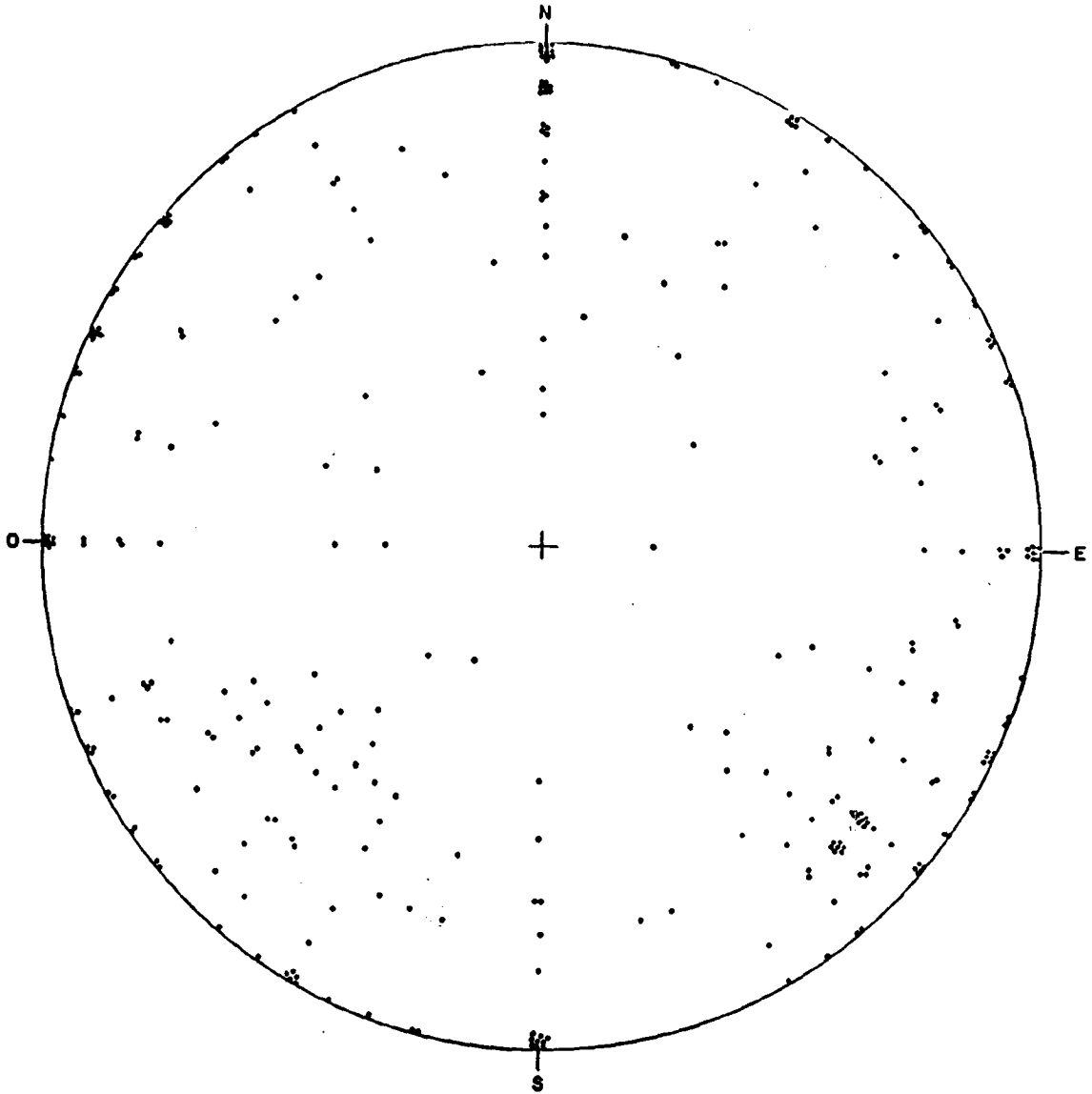


GRAFICO DE POLOS DE FRACTURAS

Estación - 6 (Orense)

Denominación - Talud de nueva ctra. de Orense a Vilar (N Orense)

Nº total de fracturas censadas - 246 -

Gráfico nº 12

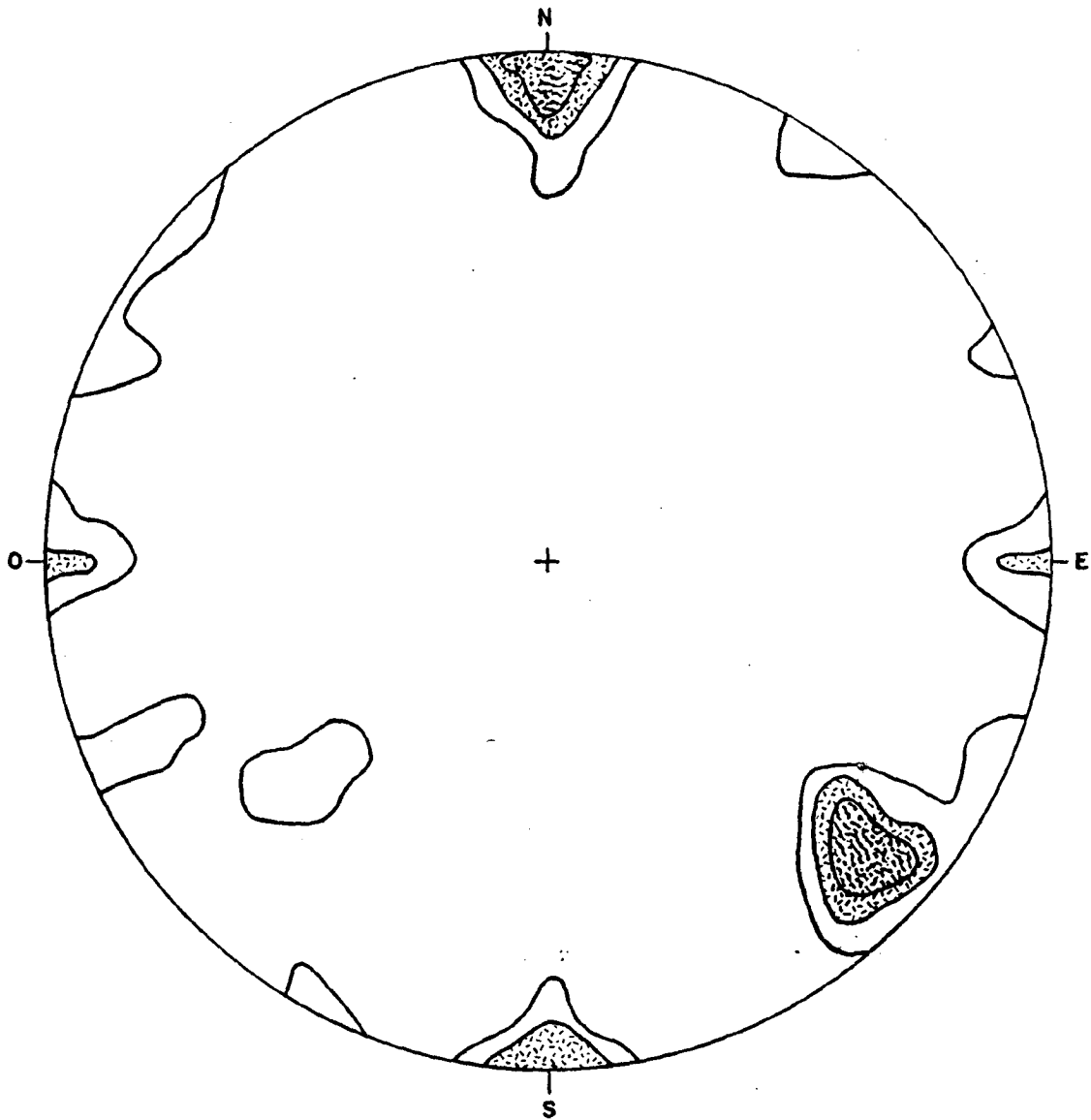


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE-FRACTURAS

Estacion: 6 (Orense)

<u>AREAS DE FRECUENCIA</u>		<u>NIVELES DE FRECUENCIA</u>	
0 < [] < 2'5%	_____	< 6 fracturas	
2'5% < [] < 5%	_____	2'5% (6 fracturas)	
5% < [] < 7'5%	_____	5% (12 fracturas)	
7'5% < [] < 10%	_____	7'5% (18 fracturas)	
	_____	10% (25 fracturas)	

Nº TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 246

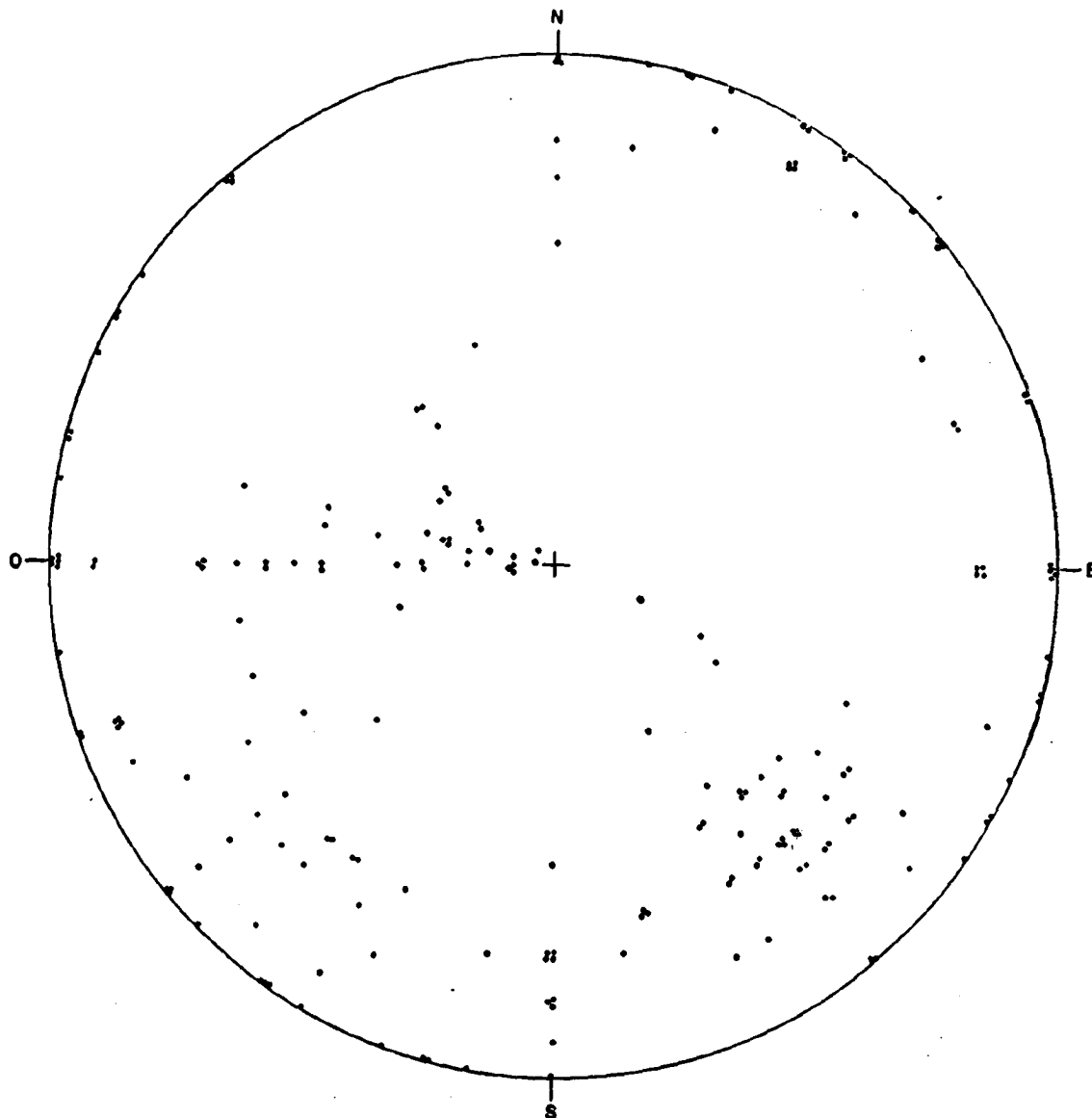


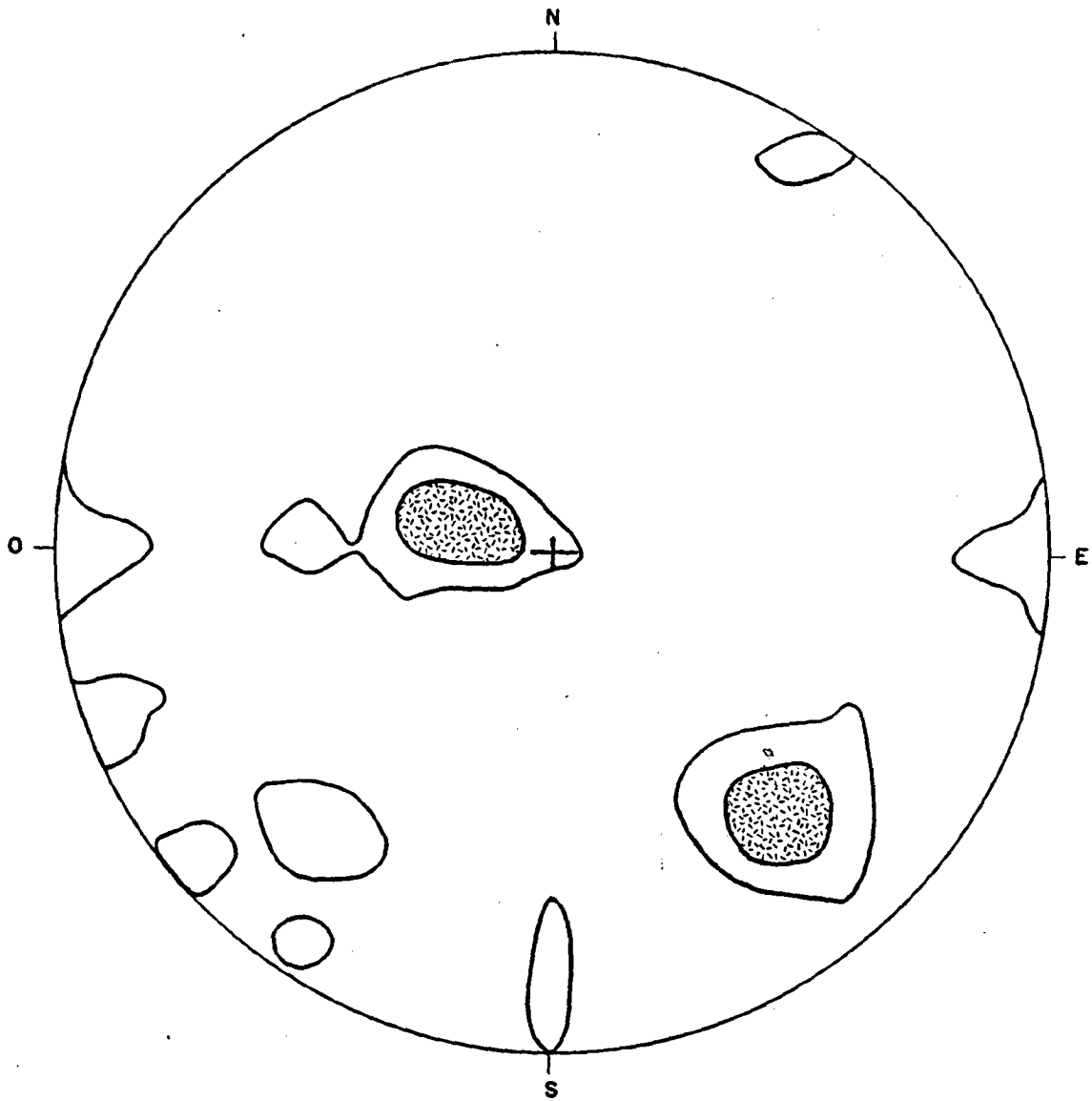
GRAFICO DE POLOS DE FRACTURAS

Estación 7 (Orense)

Denominación Talud ctra. circunvalación Orense (S. Orense)

N° Total de fracturas censadas - 172 -

Grafico n° 14



DIÁGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estacion: 7 (Orense)

<u>AREAS DE FRECUENCIA</u>	<u>NIVELES DE FRECUENCIA</u>
0 < < 2'5%	< 4 fracturas
2'5% < < 5%	2'5% (4 fracturas)
5% < < 7'5%	5% (9 fracturas)
	7'5% (13 fracturas)

Nº TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 172

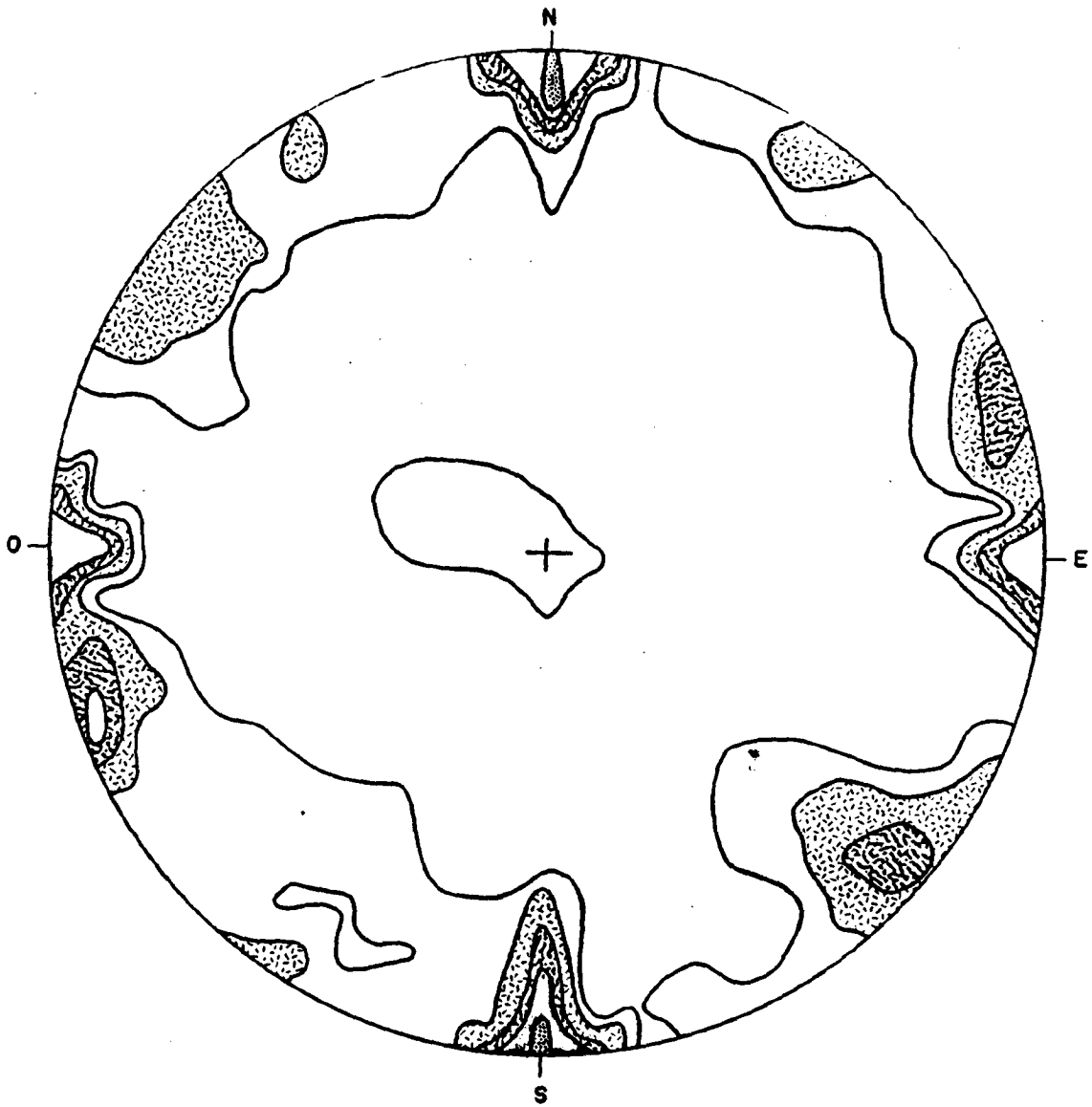


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS
ZONA DE ORENSE

<u>AREAS DE FRECUENCIA</u>	<u>NIVELES DE FRECUENCIA</u>
0% < [] < 1%	< 11 fracturas
1% < [] < 2%	1 % (11 fracturas)
2% < [] < 3%	2 % (21 fracturas)
3% < [] < 4%	3 % (32 fracturas)
4% < [] < 5%	4 % (43 fracturas)
5% < [] < 6%	5 % (53 fracturas)
	6 % (64 fracturas)

Nº TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 1.066

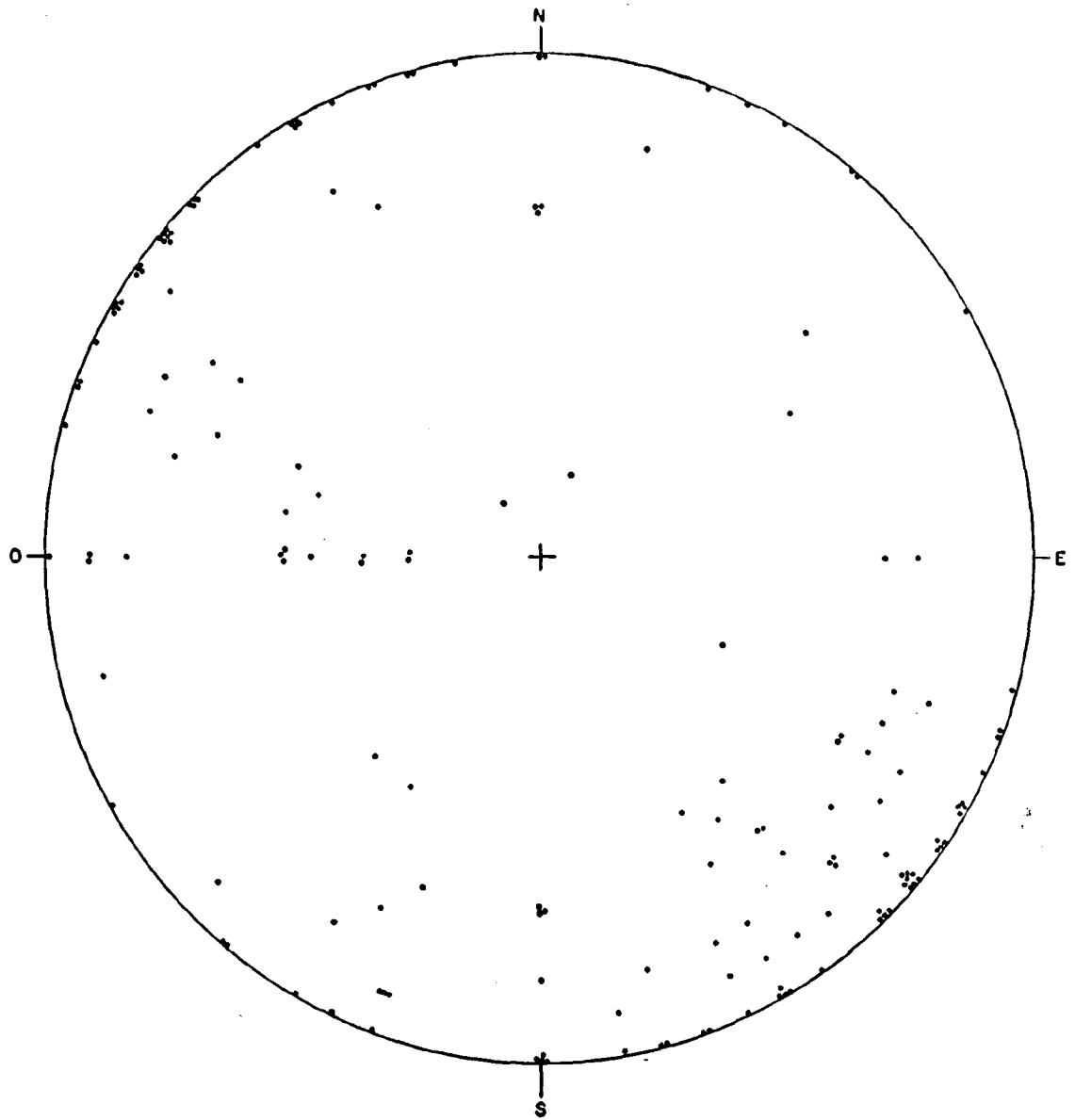


GRAFICO DE POLOS DE FRACTURAS

Estación B-1 (Baños de Molgas)

Denominación - Excavación junto a Maceda (Ctra. Maceda a Baños)

Nº total de fracturas censadas - 123 -

Grafico nº 17

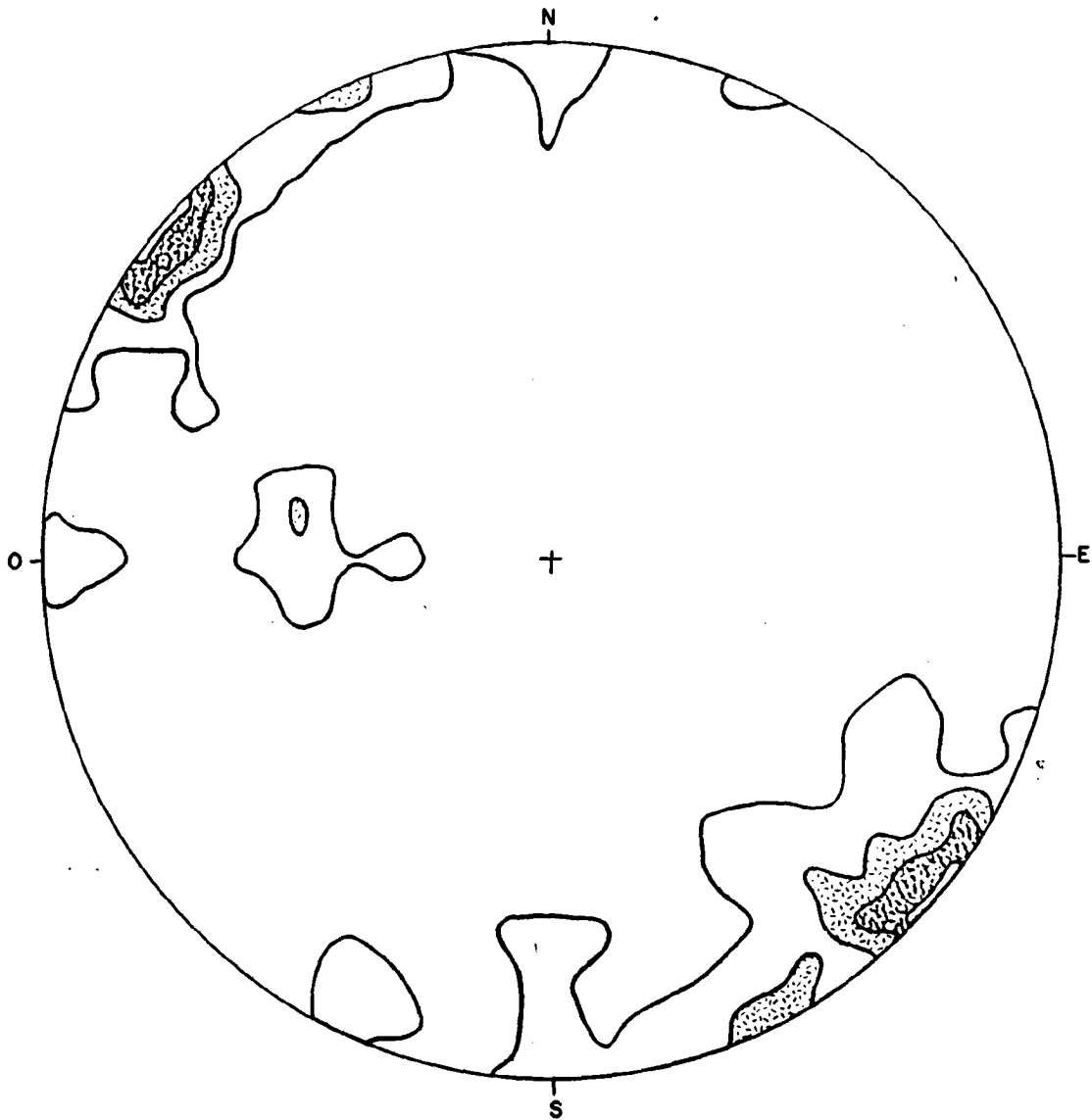


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estacion: B-1 (Baños de Molgas)

AREAS DE FRECUENCIA		NIVELES DE FRECUENCIA	
0 <	< 2'5%	< 3	fracturas
2'5% <	< 5%	2'5%	(3 fracturas)
5% <	< 7'5%	5%	(6 fracturas)
7'5% <	< 10%	7'5%	(9 fracturas)
10% <	< 12'5%	10%	(12 fracturas)
		12'5%	(15 fracturas)

Nº TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 123

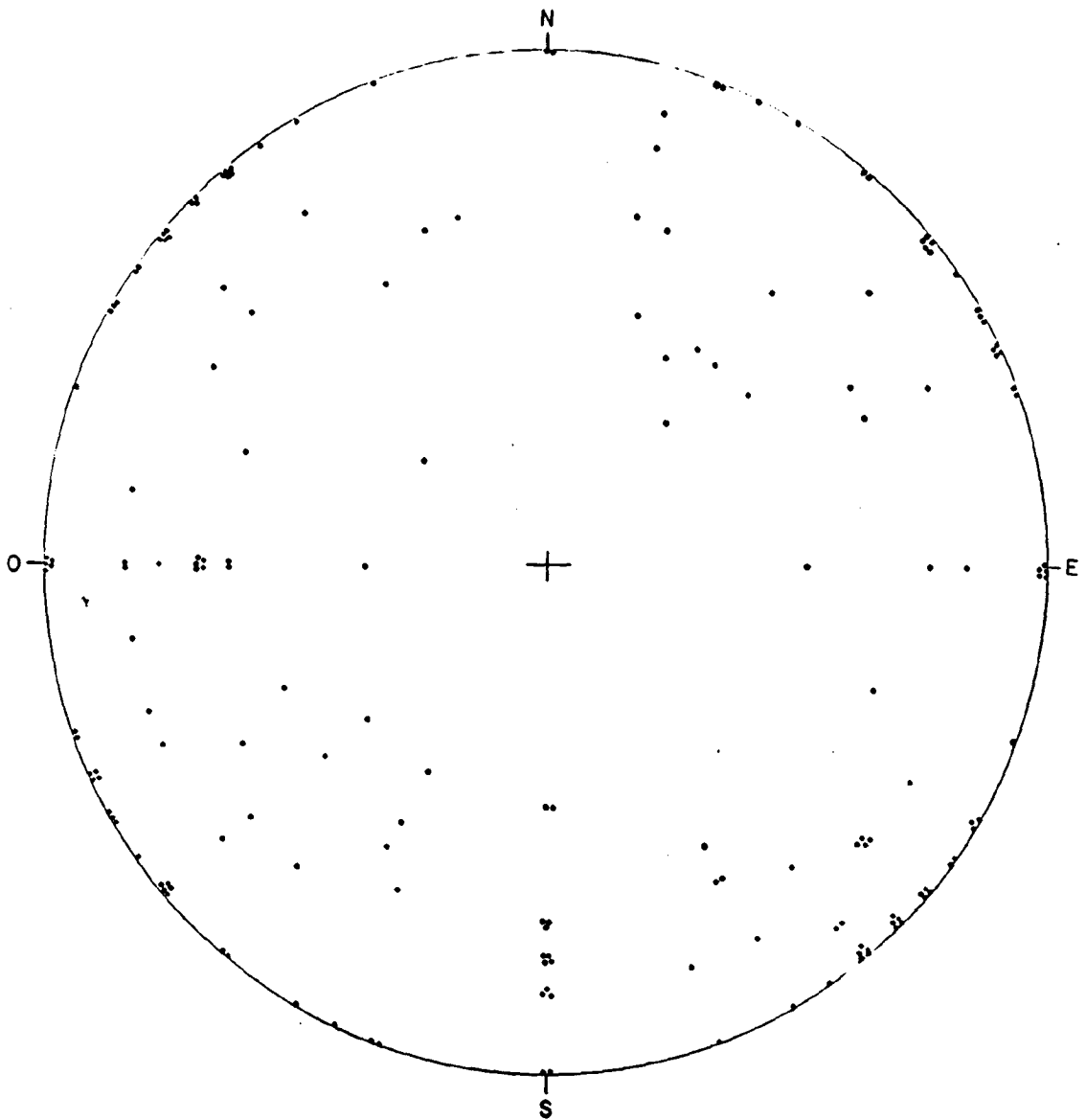


GRAFICO DE POLOS DE FRACTURAS

Estación - B - 2 (Baños de Molgas)
 Denominación - Oeste de Puente Ambia
 N° total de fracturas censadas - 93 -

Gráfico n° 19

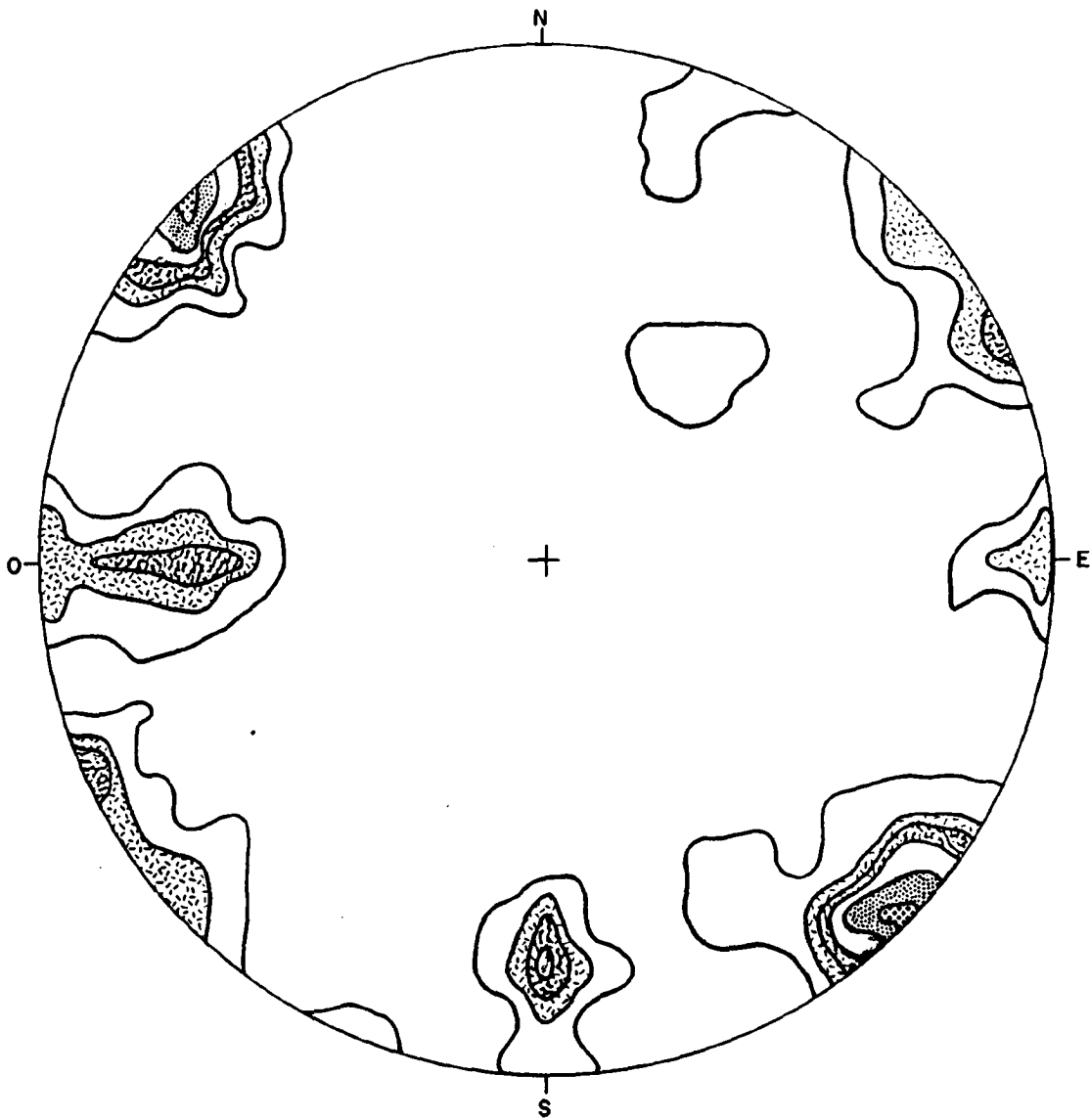
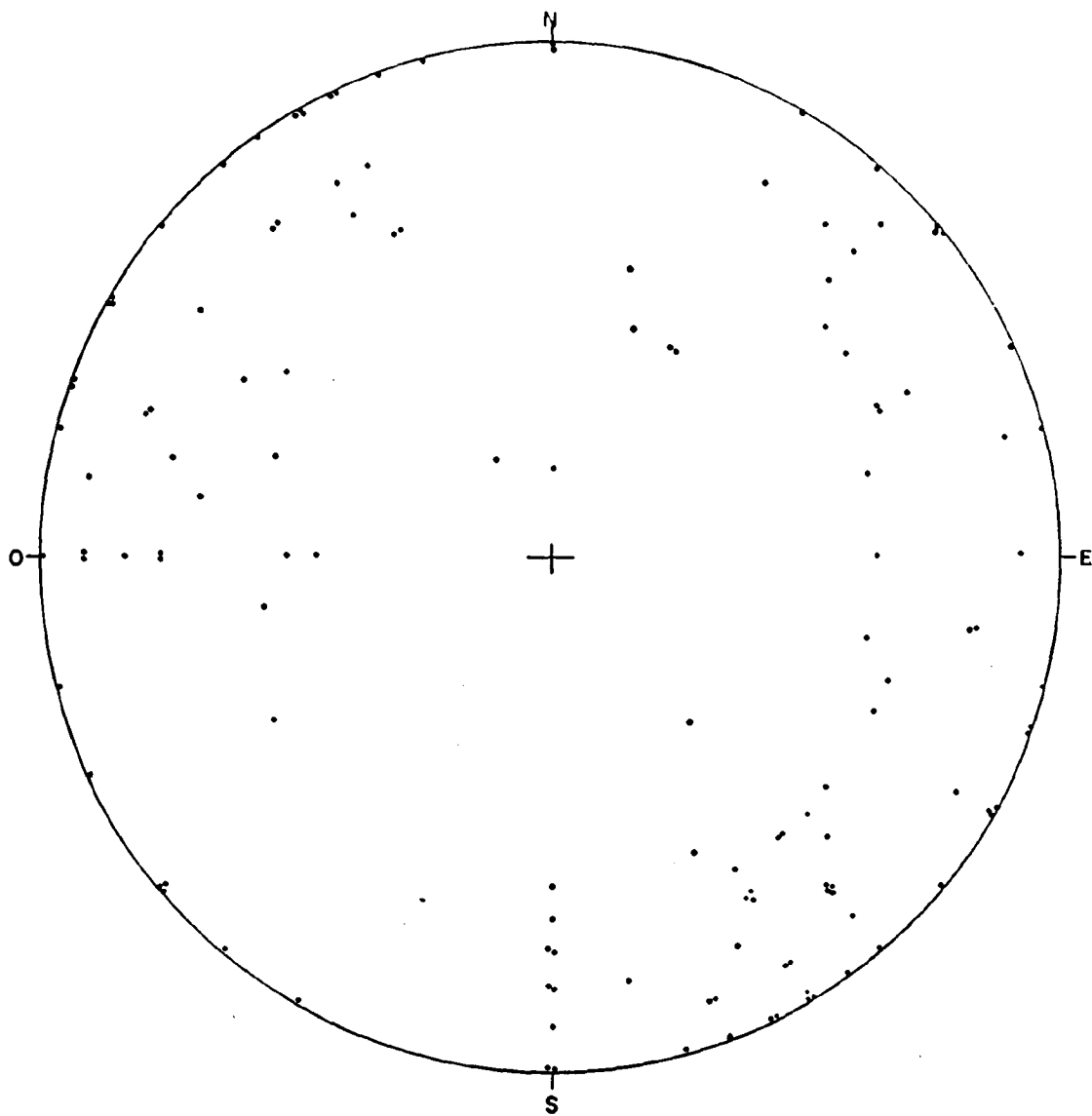


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estacion: B-2 (Baños de Molgas)

AREAS DE FRECUENCIA		NIVELES DE FRECUENCIA	
0 <	< 2'5%	_____	< 2 fracturas
2'5% <	< 5%	_____	2'5% (2 fracturas)
5% <	< 7'5%	_____	5% (5 fracturas)
7'5% <	< 10%	_____	7'5% (7 fracturas)
10% <	< 12'5%	_____	10% (9 fracturas)
12'5% <	< 15%	_____	12'5% (12 fracturas)
15% <	< 17'5%	_____	15% (14 fracturas)
		_____	17'5% (19 fracturas)

Nº TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 93



GRAFICOS DE POLOS DE FRACTURAS

Estación B-3 (Baños de Molgas)
 Denominación - Bañiño de Xunqueira de Ambía
 N° total de fracturas censadas - 105 -

Gráfico n° 21

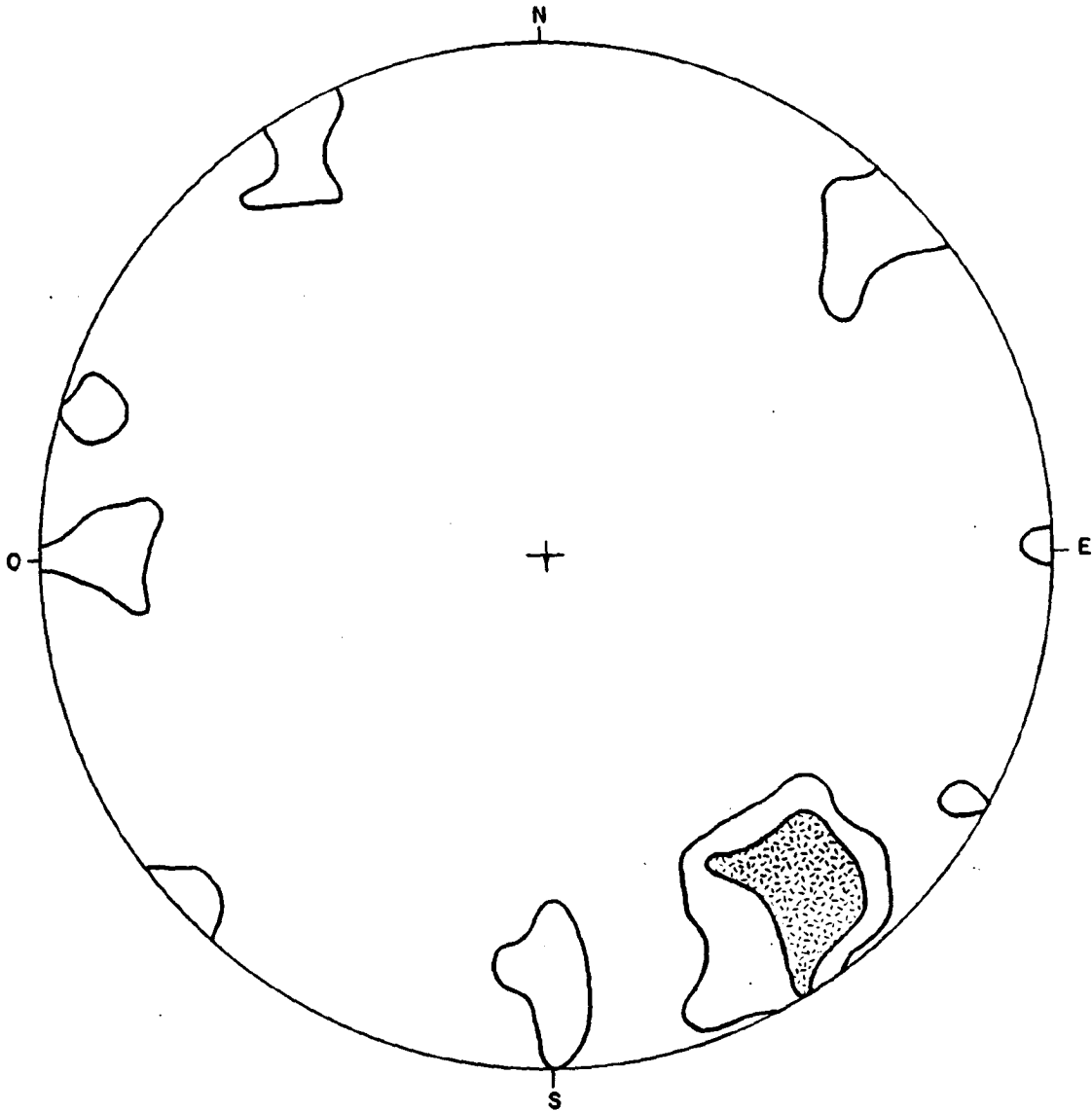


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estacion: B-3 (Baños de Molgas)

<u>AREAS DE FRECUENCIA</u>	<u>NIVELES DE FRECUENCIA</u>
0 < < 2'5%	< 3 fracturas
2'5% < < 5%	2'5% (3 fracturas)
5% < < 7'5%	5% (5 fracturas)
5% < < 7'5%	7'5% (8 fracturas)

NR TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 105

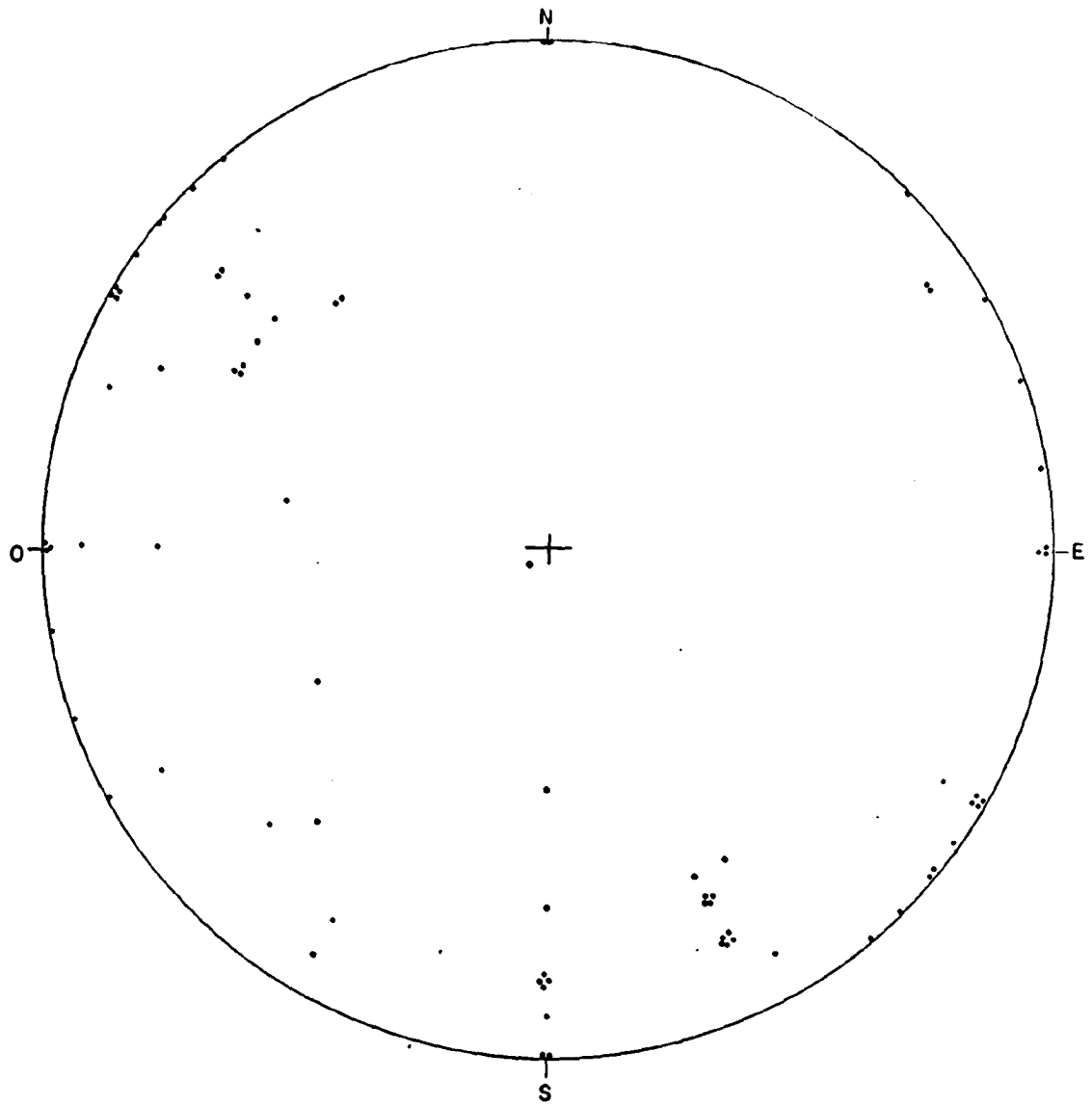


GRAFICO DE POLOS DE FRACTURAS

Estación - B-4 (Baños de Molgas)

Denominación - Balneario de Baños de Molgas (Margen Dcha. Arnoya)

Nº total de fracturas censadas - 64 -

Gráfico nº 23

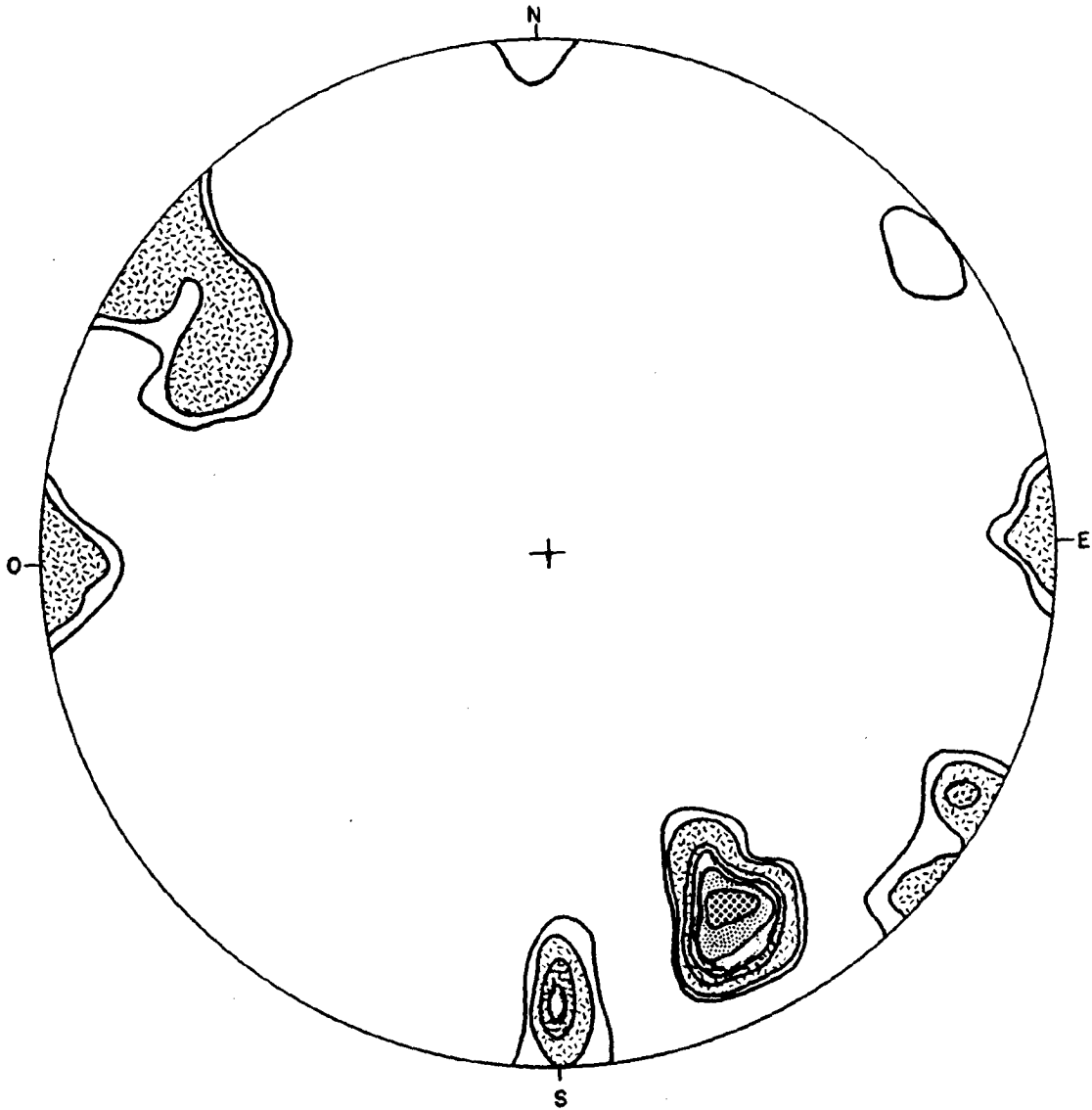









DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estación: B-4 (Baños de Molgas)

<u>AREAS DE FRECUENCIA</u>	<u>NIVELES DE FRECUENCIA</u>
0 <  < 2'5%	< 2 fracturas
2'5% <  < 5%	2'5% (2 fracturas)
5% <  < 7'5%	5% (3 fracturas)
7'5% <  < 10%	7'5% (5 fracturas)
10% <  < 12'5%	10% (6 fracturas)
12'5% <  < 15%	12'5% (8 fracturas)
15% <  < 17'5%	15% (10 fracturas)
	17'5% (11 fracturas)

Nº TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 64

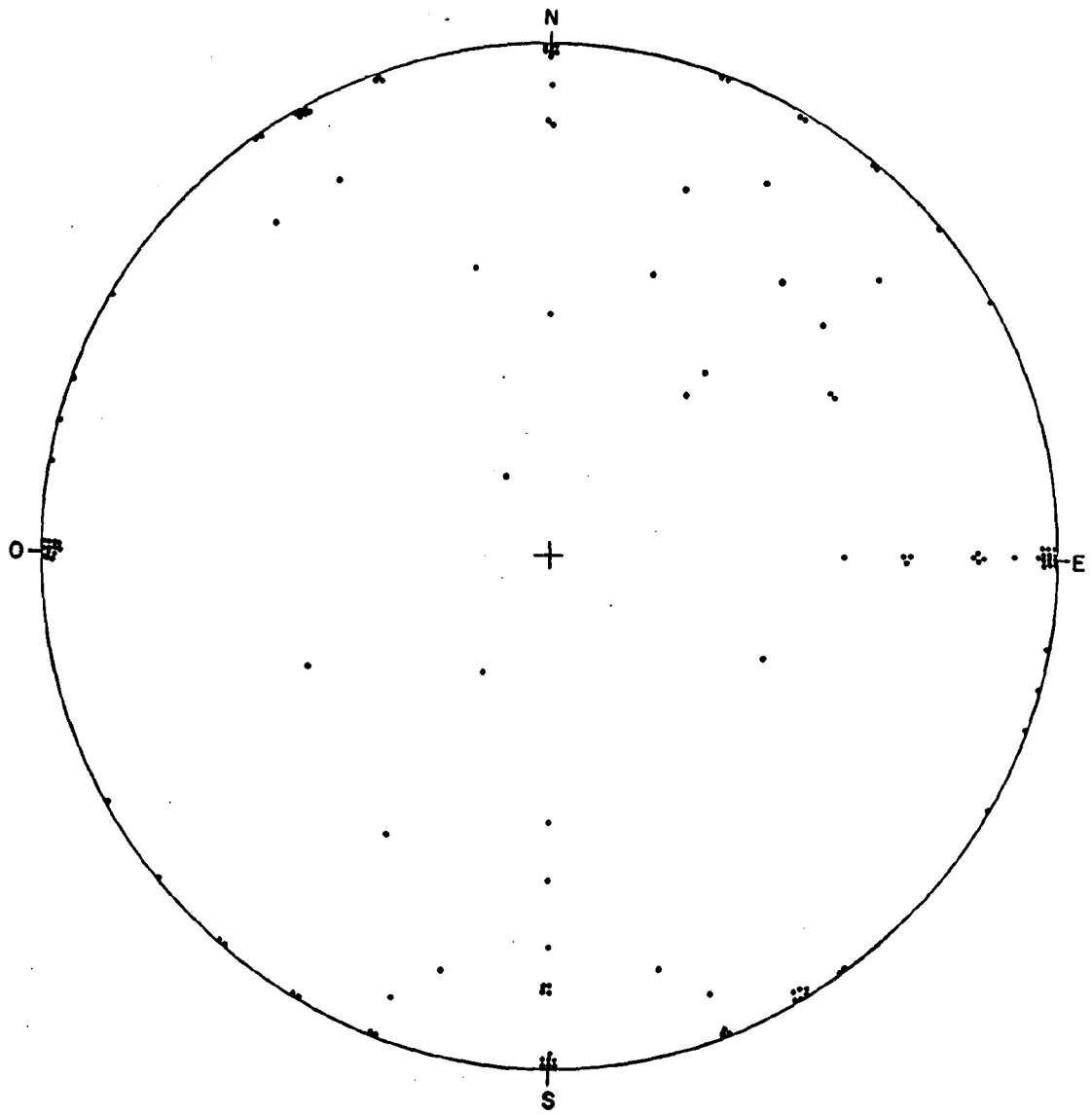


GRÁFICO DE POLOS DE FRACTURAS

Estación B-5 (Baños de Molgas)

Denominación: - La Acea (Ctra. de Vilameá a Puente Ambía)

Nº de fracturas censadas - 86 -

Gráfico nº 25

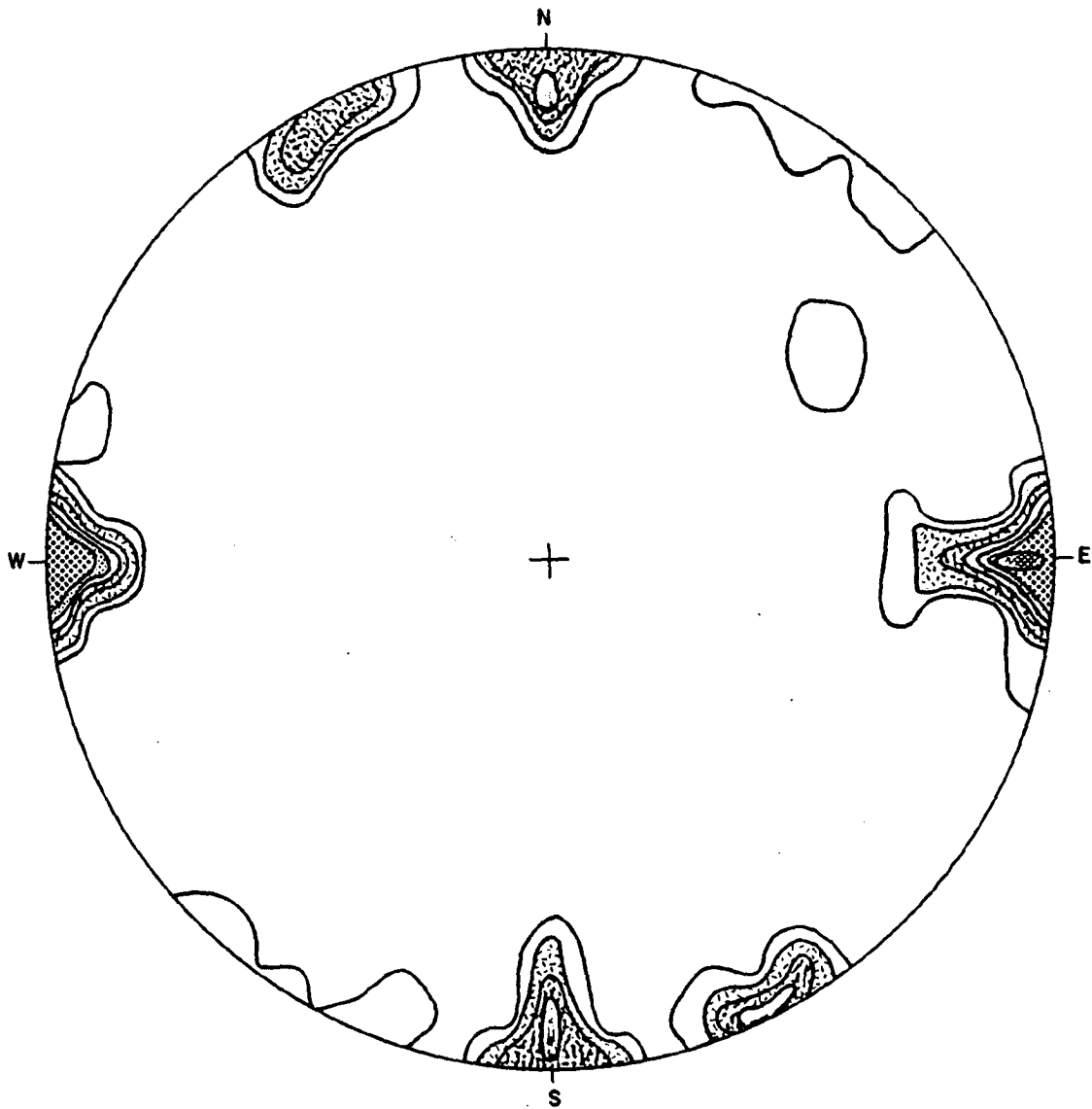


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

Estacion: B-5 (Baños de Molgas)

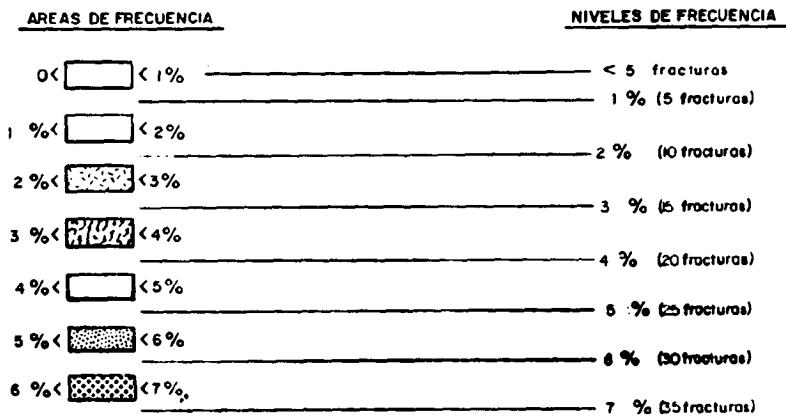
AREAS DE FRECUENCIA		NIVELES DE FRECUENCIA	
0 <	< 2'5%	< 2	fracturas
2'5% <	< 5%	2'5%	(2 fracturas)
5% <	< 7'5%	5%	(4 fracturas)
7'5% <	< 10%	7'5%	(6 fracturas)
10% <	< 12'5%	10%	(9 fracturas)
12'5% <	< 15%	12'5%	(11 fracturas)
15% <	< 17'5%	15%	(13 fracturas)
17'5% <	< 20%	17'5%	(15 fracturas)
		20%	(17 fracturas)

Nº TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS = 86



DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE FRACTURAS

ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS



Nº TOTAL DE FRACTURAS CENSADAS • 507

- Estación B-5 (gráficos n^{os} 25 y 26)

Set 1 N - 0° 87°O (20,9%)

Set 2 N - 90° 85°N (12,8%)

Set 3 N-- 65° 89°O (11,6%)

Al igual que con la zona de Orense, se ha realizado un estudio conjunto de todos los datos de Baños de Molgas (507 diaclasas). Aquí sólo existen tres sets o familias, cuyos "polos" u orientaciones medias son (gráfico n° 27).

Set 1 N - 44° 88°O (6,5%)

Set 2 N - 0° 86°E (6,3%)

Set 3 N - 90° 83°N (6,5%)

Si comparamos estos datos con los del estudio de fracturación, realizado en el proyecto "Investigación Geotérmica de Rocas Calientes Secas en la zona septentrional de la provincia de Orense" (1982), se obtienen las siguientes conclusiones (veáse - cuadro adjunto).

Set	Estudio R.C.S. ORENSE	Zona de Orense	Zona de B. Molgas
1	N - 35°	N- 40° / 85°O	N-44 / 98°O
2	N - 80°	N- 90° / 86°S	N-90 / 83°N
3	N -163°	N-160° / 87°E	
4	N -125°		
5		N- 0° / 88°	N- 0° / 86°E

En primer lugar, y como ya se ha comentado anteriormente, el objetivo de este estudio es el conocer los buzamientos de -- las distintas familias de fracturas, con el fin de que en poste_ riores investigaciones la ubicación de los sondeos de investiga_ ción tengan las mayores garantías de éxito. De la observación - del cuadro anterior, se deduce que en todas las familias de frac_ turación, las inclinaciones de éstas son casi verticales, en to_ dos los casos son superiores a los 80°.

En segundo lugar, existen una serie de familias que se - deducen en todos los estudios, como la NE-SW y la E-W. Por el contrario, la NNO-SSE está ausente en la zona de Baños de Mol-- gas. La dirección N-S, no fué observada en el estudio de fractu_ ración realizado en el proyecto de Rocas Calientes Secas, qui-- zás debido a que la anterior familia, NNO-SSE, sea una subfami- lia de esta. Por último la WNW-ESE, no ha sido observada en los estudios de diaclasi3n realizados en Baños de Molgas y Orense.

3. ESTUDIO SISMO-TECTONICO

3.1. INTRODUCCION

Tres objetivos se han perseguido en este estudio:

- Densidad de fracturación.
- Relación entre fracturación - sismicidad - termalismo en la Región Gallega.
- Investigación detallada, a escala 1/100.000, sobre -- las grandes fracturas y su termalismo en la zona septentrional de la provincia de Orense.

3.2. DENSIDAD DE FRACTURACION

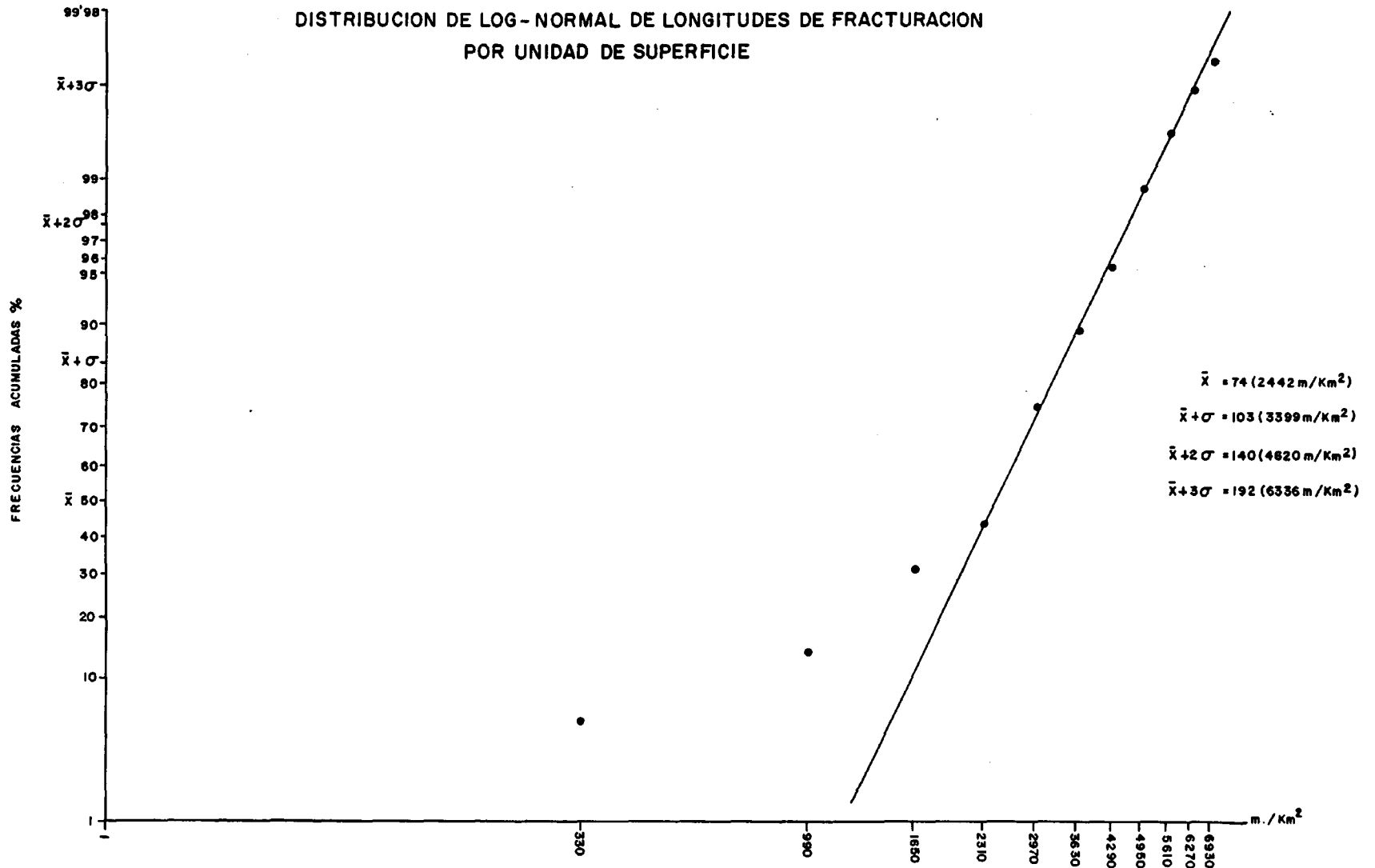
Este estudio se ha elaborado a partir de los datos de fracturación obtenidos en el Proyecto "Investigación Geotérmica de Rocas Calientes Secas en la zona septentrional de la provincia de Orense".

La metodología utilizada ha sido la siguiente:

En primer lugar los datos de fracturación obtenidos de la interpretación de fotografías aéreas escala 1/33.000, fueron plasmados en un plano a escala 1/100.000 (plano n° 3). Posteriormente se calculó la intensidad de fracturación por unidad de superficie, es decir, la longitud de las fracturas dentro de una superficie de 1 km². Con estos datos se realizó un estudio estadístico (vease gráfico n° 28), asimilándose aquellos a una distribución log-normal.

Los valores estadísticos aplicados para el estudio de la fracturación son la media más una, dos y tres desviaciones estándar.

DISTRIBUCION DE LOG-NORMAL DE LONGITUDES DE FRACTURACION
 POR UNIDAD DE SUPERFICIE



$$\bar{X} + \sigma = 103 \text{ (3.399 m/km}^2\text{)}$$

$$\bar{X} + 2\sigma = 140 \text{ (4.620 m/km}^2\text{)}$$

$$\bar{X} + 3\sigma = 192 \text{ (6.336 m/km}^2\text{)}$$

Con estos valores se ha construido un plano de anomalías de la densidad de fracturación (plano n° 4). De este plano se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La zona con mayor densidad de fracturación, corresponde a un sector situado al E de Orense. Existen otras zonas anómalas de pequeña extensión y dispersas entre Carballino y Orense.

- No existe ninguna relación entre áreas más fracturadas y manifestaciones termales.

- Parece existir una cierta similitud entre densidad de fracturación y anomalías puestas de manifiesto en los Sondeos - Audio-Magnetoteluricos (S.A.M.T.), realizados en un anterior -- proyecto.

- Podría interpretarse las zonas anormalmente fracturadas, como áreas de recarga de los sistemas hidrotermales.

3.3. ESTUDIO SOBRE LAS RELACIONES ENTRE FRACTURACION-TERMALISMO-SISMICIDAD

3.3.1. FRACTURACION

Con la utilización de fotografías de satélite a escala - 1/500.000 se ha elaborado un plano de lineamientos o fracturación de la región gallega (plano nº 5).

La tectónica de fracturación neogena es conocida en Galicia, y esta actividad, se ha desarrollado hasta el Cuaternario.

Aunque faltan estudios detallados para muchos sectores, - se puede decir que gran parte de Galicia tiene una estructura de bloques fracturados muy bien desarrollados. La parte occidental - de la región corresponde a una serie de bloques antitéticos, limitados por fallas normales de dirección NE-SO y basculados hacia el NO. Estos bloques en conjunto están elevados, tanto con

respecto al fondo marino inmediato como a la larga y estrecha fosa tectónica, delimitada por fallas N-S, que se extiende desde Tuy hasta Santiago, y que penetra en Portugal. La configuración actual de las Rías Bajas está influenciada por esta estructura de fractura y su movimiento ha continuado, en parte, en el Cuaternario.

Más hacia el E., entre la fosa de Santiago-Tuy y el valle del Miño, se halla un amplio horst, fragmentado hacia el N por fallas que delimitan pequeñas fosas tectónicas. Por ejemplo la de Puentes de García Rodríguez, con un relleno neógeno, que contiene un importante yacimiento de lignito.

Este horst, a su vez, por el E limita con una serie de bloques deprimidos, individualizados por fallas de dirección N-S a NE-SO, algunos de los cuales dan lugar a depresiones bien individualizadas: cuencas de Lugo, Sarria, Monforte, etc.

La parte más meridional de Galicia, muestra un desarrollo predominante de las fallas de dirección, ENE-OSO, que se cruzan con otras de dirección N-S a NNE-SSO. Quedan así individualizados una serie de bloques, generalmente basculados hacia el ONO, y en otros casos horst y fosas tectónicas.

Las cuencas de Carucedo, Antela, Verín, Quiroga y otras, reflejan esta estructura. En varias de estas cuencas existe relleno de materiales neógenos y cuaternarios de cierta importancia, y en algún caso persiste aún un régimen lacustre.

Los sistemas de fracturación o lineamiento son cuatro:

- NE-SO (N 40° a N 60°). Este sistema de origen tardihercínico y de removilización mesozoica y terciaria, es el que ha condicionado la implantación de las rías bajas y diversos ríos meridionales.

- NQ-SE (N 120°). Son muy frecuentes en la zona noroccidental, donde han dado lugar a pequeñas fosas terciarias, como las de Puentes de García Rodríguez, Meirama y otras.
- N-S. Abundan en la zona de Pontevedra y su máximo exponente es la fosa de Tuy-Santiago.
- E-O. Tienen una muy escasa representación a escala regional.

3.3.2. MANIFESTACIONES TERMALES

En Galicia son numerosas las manifestaciones termales existentes. En los momentos actuales se conocen un total de 51, muchas de las cuales son surgencias múltiples, como las famosas Burgas de Orense.

La repartición geográfica de estas manifestaciones es la siguiente: tres corresponden a La Coruña, seis a Lugo, trece a Pontevedra y el resto a la provincia de Orense.

Los caudales son muy amplios y oscilan entre los 0,01 l/s de Fuentesanta (La Coruña) y los 40 l/s de Las Burgas de Canedo, aunque cerca del 70% de estas surgencias termales no sobrepasan los 5 l/s.

También las temperaturas tienen una amplia variación, desde los 12°C en varias surgencias hasta los 68°C en Las Burgas. Algunas de las manifestaciones tienen temperaturas excesivamente bajas, menores de la temperatura media anual, debiéndose este hecho a una mezcla de aguas frías, en importante proporción, con otras termales.

MANIFESTACIONES TERMALES DE GALICIA

Nº	DENOMINACION	T. MUNICIPAL	PROVINCIA	CAUDAL l/s	TºC
1	Balneario Arteijo	Arteijo	La Coruña	35	42
2	Baños Viejos de Carballo	Carballo	La Coruña	2	37
3	Balneario de Pardiñas	Guitiriz	Lugo	0,03	12
4	Balneario de Guitiriz	Guitiriz	Lugo	1,5	15
5	Fte de Parga	Guitiriz	Lugo	0,5	14
6	Termas de Lugo	Lugo	Lugo	6	45
7	Aguas de Fontecelta	Sarria	Lugo		
8	Fuentesanta	Arzua	La Coruña	0,01	12
9	Fte. Carboeiro	Silleda	Pontevedra	0,05	12
10	Baño de Brea	Silleda	Pontevedra	0,16	20
11	Balneario de Catoira	Catoira	Pontevedra		
12	Balneario Villagarcía de Arosa.	Villagarcía de Arosa	Pontevedra		
12-A	Balneario de la Toja	El Grove	Pontevedra	4	42
13	Balneario Davila Acuña	Caldas de Reyes	Pontevedra	20	48
14	Balneario de Castro	Cuntis	Pontevedra	8	58
15	Balneario de S. Justo	Cotobad	Pontevedra	1	25
16	Fte del Balneario	Puente Caldelas	Pontevedra	0,1	18
17	Fte del Val	Mondariz	Pontevedra	3	15
18	Aguas de Mondariz	Mondariz	Pontevedra	4	16
19	Balneario Caldas de Tuy	Tuy	Pontevedra	1	47
20	Balneario S. Pedro Brues	Boborás	Orense	8	27
21	Fte Ponterriz	Boboras	Orense	0,16	18
22	Balneario de Carballino	Carballino	Orense	1	27
23	Bañiño de Arco	Carballino	Orense	0,16	17
24	Caldas de Partovia	Carballino	Orense	7	35
25	Aguas de Manzós	Maside	Orense	0,5	19
26	Bañiño de Quintas	Punxin	Orense	1,2	26
27	Sondeo Antonio Fernandez	Sta C. Arrabalde	Orense	0,2	15
28	Balneario de Layas	Cenlle	Orense	18	50
29	Balneario de Beran	Leiro	Orense	20	28
30	Castrelo de Miño	C. de Miño	Orense		

Nº	DENOMINACION	T. MUNICIPAL	PROVINCIA	CAUDAL l/s	Tº C
31	Poza dos Terreos	Ribadavia	Orense	1	18
32	Baños de Prexiqueiro	Melón	Orense	15	39
33	Balneario de Cortegada	Cortegada	Orense	4	33
34	Bañadoiro-Vilanova	Cortegada	Orense	0,1	17
35	Caldas de Parada de Hacha	La Cañiza	Pontevedra	0.08	15
36	Burgas de Canedo	Canedo	Orense	40	64
37	Fte Tintero y Caldas de Santiago	Orense	Orense	10	64
38	Las Burgas	Orense	Orense	25	68
39	Mtial Santa Eufemia	Orense	Orense	0,3	19,5
40	Baños de Mende	Orense	Orense	3	30
41	Balneario de Pantón	Pantán	Lugo	2	15
42	Fte Piñeira	Castro -Calderas	Orense	0,13	14
43	Baños de Molgas	B. de Molgas	Orense	8	50
44	Fte Bañiño	Junquera de Ambia	Orense	0,8	24
45	Baños de Porteira	Junquera de Ambia	Orense	0,06	16
46	Baños de Bande	Bande	Orense	15	42
47	Baños de Río Caldo	Lovios	Orense	17	67
48	Balneario de Requejo	Verín	Orense	1	19
49	Fte del Sapo	Verín	Orense	0,08	16
50	Balnearios Fontenova Sousas	Verin	Orense	2	19
51	Balneario de Cobreiroá	Verín	Orense	1,3	12

Todas las manifestaciones térmicas están ligadas a fracturas profundas, con circulación del agua a través de éstas hasta una profundidad hoy día no determinada pero que en cualquier caso debe de superar el km.

El origen de este agua termal es meteórica, la relación 0-18/D así lo indica, infiltrándose en zonas de topografía elevada, y produciéndose la descarga en zonas deprimidas en especial en la zona de valles.

3.3.3. SISMOS

De los datos expuestos en el "Boletín de sismos próximos" (1978 y reciente actualización), "Mapa de las zonas sísmicas generalizadas de la Península Ibérica" (1969) y "Mapa sismoestructural de la Península" (1966), publicado por el Instituto Geográfico Nacional, el último de ellos en colaboración con el IGME, se ha podido efectuar una serie de consideraciones de tipo geológico sobre los puntos sísmicos activos y sus líneas estructurales.

En el plano nº 5 (fracturación, sismicidad y termalismo) se han representado los epicentros correspondientes a Galicia.

Estos focos sísmicos, con profundidad de hipocentro del orden de los 30 km. corresponden a estructuras (fracturas) recientes, con movimientos actuales.

En este plano se puede observar como, con cierta dispersión, se localizan los sismos en torno a fracturas de dirección N-70°, cuya reciente actuación queda plasmada en el desarrollo de las "Rías Bajas". El valle del Miño, en su curso bajo, se encuentra jalonado por una serie de sismos; lo mismo sucede con -

TABLA DE SISMOS REGISTRADOS EN GALICIA

<u>FECHA</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>	<u>PROF. Km</u>	<u>MAGNITUD</u>
00-00-0060	08° 48'O	41° 54'N	-	6,5
10-12-1018	08° 24'O	43° 24'N	-	4,0
16-11-1755	08° 24'O	43° 00'N	-	5,5
07-04-1804	07° 30'O	43° 00'N	-	4,0
18-04-1844	07° 30'O	42° 54'N	-	4,5
06-11-1845	08° 24'O	43° 24'N	-	4,0
05-07-1855	08° 48'O	42° 00'N	-	4,5
10-10-1858	08° 30'O	42° 54'N	-	4,0
10-09-1866	08° 24'O	43° 24'N	-	5,5
04-09-1876	08° 18'O	43° 30'N	-	4,0
27-05-1878	08° 18'O	43° 30'N	-	4,0
05-08-1878	08° 18'O	43° 30'N	-	4,0
12-02-1880	08° 42'O	42° 12'N	-	4,0
18-11-1880	08° 18'O	43° 30'N	-	4,0
29-04-1888	07° 30'O	43° 42'N	-	5,0
24-02-1904	08° 48'O	42° 00'N	-	5,5
14-06-1904	07° 18'O	43° 06'N	-	4,5
17-12-1904	08° 30'O	42° 54'N	-	4,0
21-05-1906	08° 30'O	42° 54'N	-	4,0
22-05-1906	08° 24'O	43° 24'N	-	4,0
23-05-1906	08° 18'O	43° 30'N	-	4,0
25-04-1910	07° 30'O	42° 00'N	-	4,0
26-04-1910	08° 36'O	42° 00'N	-	4,5
22-11-1910	08° 42'O	42° 00'N	-	4,0
24-11-1910	08° 18'O	43° 30'N	-	6,0
24-01-1911	07° 06'O	43° 36'N	-	4,0
07-06-1911	07° 30'O	43° 00'N	-	4,0
14-11-1915	08° 24'O	43° 24'N	-	4,5
03-12-1916	07° 30'O	43° 42'N	-	6,0
27-12-1919	08° 24'O	43° 00'N	-	4,0
29-11-1921	08° 30'O	42° 06'N	-	4,0
12-10-1922	07° 48'O	42° 18'N	-	4,0
28-09-1930	08° 48'O	41° 54'N	-	4,5

<u>FECHA</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>	<u>PROF. Km</u>	<u>MAGNITUD</u>
12-12-1930	08° 48'O	42° 36'N	-	4,0
19-04-1931	08° 30'O	42° 06'N	-	5,0
17-02-1941	09° 30'O	42° 00'N	25,0	3,5
08-08-1961	07° 18'O	44° 00'N	33,0	4,2
03-05-1962	07° 18'O	43° 36'N	33,0	4,4
18-03-1965	07° 18'O	43° 18'N	-	-
20-04-1973	08° 42'O	42° 12'N	60,0	3,9
07-06-1973	08° 42'N	42° 54'N	33,0	-
10-01-1975	07° 06'N	43° 30'N	33,0	3,6
12-10-1978	07° 47'N	42° 03'N	5,0	3,6

las rías de Arosa y Noya, cuya fracturas se extienden hasta los confines de la Galicia Oriental. De más difícil asignación son los sismos, que se sitúan en el N de la provincia de Lugo, entre Vivero y Ribadeo.

En la zona occidental existe un gran accidente tectónico, la línea Tuy - Caldas de Reyes - Carballo. Es una fosa de orientación N-S, que también está jalonada de sismos (Tuy y Santiago de Compostela). Esta línea tectónica, junto con las que han conformado las rías, son las más importantes de la región gallega.

En la tabla adjunta se citan los distintos sismos habidos en Galicia, desde el año cero hasta nuestros días.

3.3.4. CONCLUSIONES

La primera consideración que se manifiesta claramente, es lo poco acertado que resulta el asimilar la geología gallega con un "país muerto". La actividad geológica que ha condicionado hasta fechas recientes (manifestaciones térmicas sismos, etc.) han desarrollado una morfología compartimentada. Esta puede desglosarse en tres áreas:

- INTERIOR (GALICIA ORIENTAL); sus características principales se pueden resumirse en: relieves abruptos, con ausencia de terrazas fluviales, ausencia de cuencas interiores y un fuerte encajamiento de la red fluvial. Tectónicamente se puede observar un desarrollo general de fracturación con direcciones norteadas -- (N 15° y N 175°), al que condicionan y compartimentan estructuras con dirección N - 60°.

- GALICIA CENTRAL; presenta claros condicionamientos morfológicos debidos tanto a la litología como a la tectónica (encajamiento del río Miño en Orense, los grábenes de Puentes de García Rodríguez - Roupar - El Pedroso, Baldayo - Laracha - Meirama - Visanteña - Juanceda - Boimorto, corredor de Guitiriz, -- etc).

- GALICIA LITORAL; varias líneas tectónicas (fracturas con dirección N - 30° a 60°, N-S y N-75°) conforman la zona originando el horst de la Sierra de Capelada - Cabo Prior - El Ferrol, las rías de Ortigueira, El Ferrol, Ares, Betanzos y La Coruña - es la parte N. Entre Finisterre y La Guardia la fracturación N - 60° produce el desarrollo de las rías bajas. También en este área, la fracturación N-S tiene una gran influencia, y ha originado claros graben.

La segunda consideración es la estrecha relación existente entre fracturación, sismicidad y manifestaciones térmicas, - en gran parte de la región gallega, con la excepción de la costa lucense entre Vivero y Ribadeo.

Podemos distinguir una serie de alineaciones o "corredores" en los que estos tres factores tienen una estrecha relación:

- Valle del río Miño.- Tiene una orientación de N-60°, es sísmicamente activo, con epicentros en los alrededores de Tuy, Vigo y Orense y jalonado por un gran número de surgencias térmicas, en los cauces de alineaciones N-60° con otros más norteados.

- Cuenca del río Limia.- En la que se encuentran las manifestaciones térmicas del río Caldo, y un sismo en los alrededores de Xinzo de Limia. También presenta la misma orientación que la anterior, N-60°.

- Alineación Arosa-Lugo.- Incluye las surgencias termales de Villagarcía de Arosa (?), Caldas de Reyes Cuntis y Lugo. Los epicentros se encuentran enclavados en Villagarcía y en las inmediaciones de Lugo. Tiene la misma orientación que las anteriores.

- Fosa tectónica (gráben) de Tuy-Caldas-Carballo.- De orientación N-S, corta a las anteriores alineaciones, y en su traza se incluyen las manifestaciones termales de Tuy - Mondariz, Caldas de Reyes - Cuntis y Carballo. Los sismos son los de Tuy, - Vigo, Villagarcía de Arosa, Santiago de Compostela.

Otra alineación, aunque no tan clara como las anteriores, podrían corresponder a una línea que fuese desde la ría de Noya (con epicentros en sus inmediaciones), a Guitiriz (manifestaciones termales).

Por último las manifestaciones del Valle del Tamega (Verín), corresponden a una gran alineación tectónica, la falla de Vila Real - Visen.

3.4. ESTUDIO DETALLADO DE LA FRACTURACION EN ORENSE

En este estudio detallado de fracturación, se ha pretendido el conocer con la mayor exactitud posible a que fracturas corresponden las distintas surgencias termales y la posible relación existente entre una determinada familia estructural y el termalismo.

Para la investigación estructural se ha contado con las fotografías del satélite Landsat a escala aproximada 1/500.000. Con ellas se ha realizado, al igual que para toda la región gallega, un estudio de lineamientos más lo más detallado posible, dada la escala de la fotografía utilizada. La interpretación se realizó a la escala de la fotografía para luego, mediante métodos fotográficos, ampliarla a escala 1/100.000. Resultado de esta elaboración es el plano nº 6 (lineamientos de la Zona Septentrional de la provincia de Orense).

La primera impresión que produce la observación de este plano, es la gran densidad de lineamientos o fracturas de gran magnitud, existente en el area investigada; algunas de ellas son de varias decenas de kilometros de longitud, como la del río Miño o la del Avía por citar dos ejemplos.

Las familias o "Set" de fracturas, son las mismas que - las deducidas en el estudio de fracturación realizado en un ante- rior proyecto. Al igual que en aquel, parece que, la familia -- más importante por su densidad es la NE-SO, seguida por la NO-SE.

Es evidente que las manifestaciones termales se agrupan junto a estas grandes fracturas, aunque no parece existir una re- lación clara entre una determinada familia y el termalismo. Tam- poco y contra lo que podría pensarse en un principio, las mani- festaciones termales se localizan en el cruce de dos lineamien- tos, aunque esto no sea un regla general (p.e. Las Burgas de Ca- nedo, si que cumplen este hecho). Lo normal es que una surgencia termal se localice en la intersección de una gran fractura con - el cauce de algún río, por ser esta una zona de gradiente mínimo.

También se puede observar que algunas manifestaciones se corresponden con una misma alineación. Por ejemplo, la gran frac- tura del río Miño es responsable de las siguientes surgencias: - Burgas de Canedo, Pte. del Tintero y Castrelo de Miño. La linea- ción del río Barbantiño da lugar a las manifestaciones de Punxin y Layas, la del río Arnoya a las de Junquera de Ambia y Baños de Molgas.

4. ESTUDIO GEOQUIMICO

4.1. INTRODUCCION

Como continuación del estudio realizado en la "Investigación Geotérmica de Rocas Calientes Secas en la zona septentrional de la provincia de Orense", se ha efectuado un muestreo más exhaustivo de puntos de agua, tanto termales como frías, con el fin de hacer la malla geoquímica más densa.

Para ello se han recogido 62 muestras en otros tantos puntos. De ellos 57 son nuevos y el resto, cinco, ya muestreados en épocas anteriores. El objeto de esta repetición era el observar la posible influencia de las aguas de lluvia en el quimismo de estas aguas, puesto que el estudio anterior coincidió con una época prolongada de sequía, y el actual en un periodo más lluvioso. En estos cinco puntos, no se ha observado ninguna variación sobre el quimismo de las aguas, por lo que la utilización de los distintos parámetros geoquímicos usados anteriormente es válida para el estudio actual.

Con el fin de delimitar las anomalías geotérmicas por métodos geoquímicos, se han utilizado los mismos isoconteni-

dos que en el anterior estudio, y los mismos valores estadísticos, por las razones expuestas anteriormente:

Las dos zonas investigadas son las de Orense y Baños de Molgas. Para la de Orense se han utilizado 74 puntos y 36 para la de Baños de Molgas (planos números 7 y 8).

Las relaciones utilizadas son:

- Isocontenidos de SiO_2
- Isocontenidos de B
- Isocontenidos de F
- Relación Na/K
- Relación $1/\log \sqrt{\text{Ca}}/\text{Na}$
- Isoequilibrio Feldespato- H_2O

Los valores de estas relaciones pueden ser consultados en el cuadro adjunto.

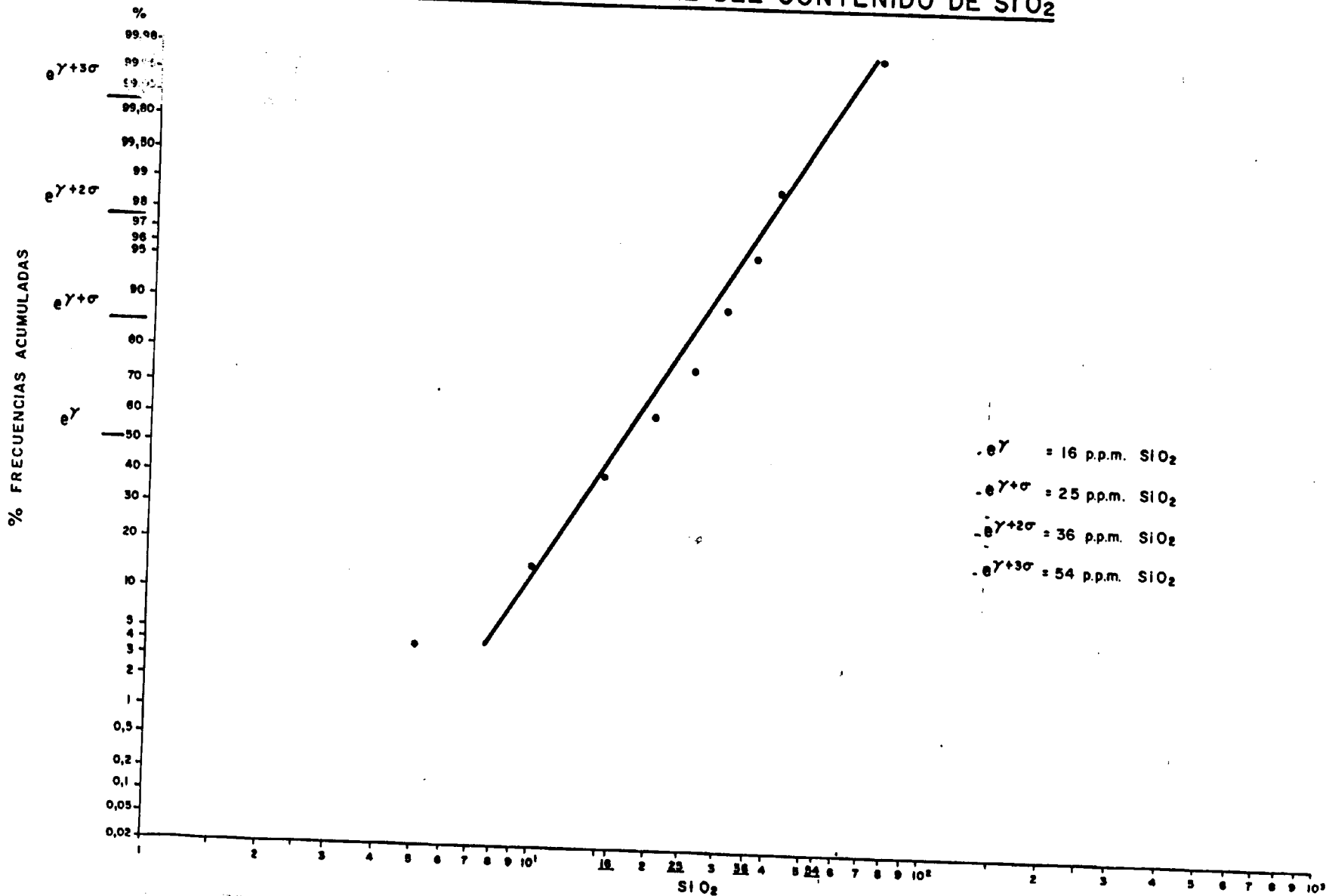
4.2. ISOCONTENIDOS DE SiO_2

La población de SiO_2 sigue una distribución log-normal cuyos valores de media, una, dos, tres desviaciones típicas - son 16, 25, 36 y 54 ppm. (gráfico n°29).

4.2.1. ZONA DE ORENSE

En la zona de Orense se manifiesta una serie de anomalías distribuidas a lo largo del río Miño, y que se localizan en Layas, Burgas de Canedo y O de Orense. Existen otras dos anomalías que se ubican en las Burgas y en Mende. (Veáse plano n°9).

GRAFICO 29
DISTRIBUCION LOG-NORMAL DEL CONTENIDO DE SiO₂



4.2.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS

En este área se localizan tres anomalías muy netas. Dos de ellas están influenciadas por las manifestaciones termales de Baños de Molgas y Junquera de Ambia (plano n°10). La tercera es una elipse con un eje de dirección aproximada NW-SE, cuyos extremos están en los caseríos de El Mato y Sanfiz.

En la primera de las anomalías, Baños de Molgas, las líneas de isocontenidos son debidas solamente a la surgencia del balneario, al contrario que en las otras dos, en las que se observa un aumento gradual del contenido de SiO_2 en varios puntos.

4.3. ISOCONTENIDOS DE BORO

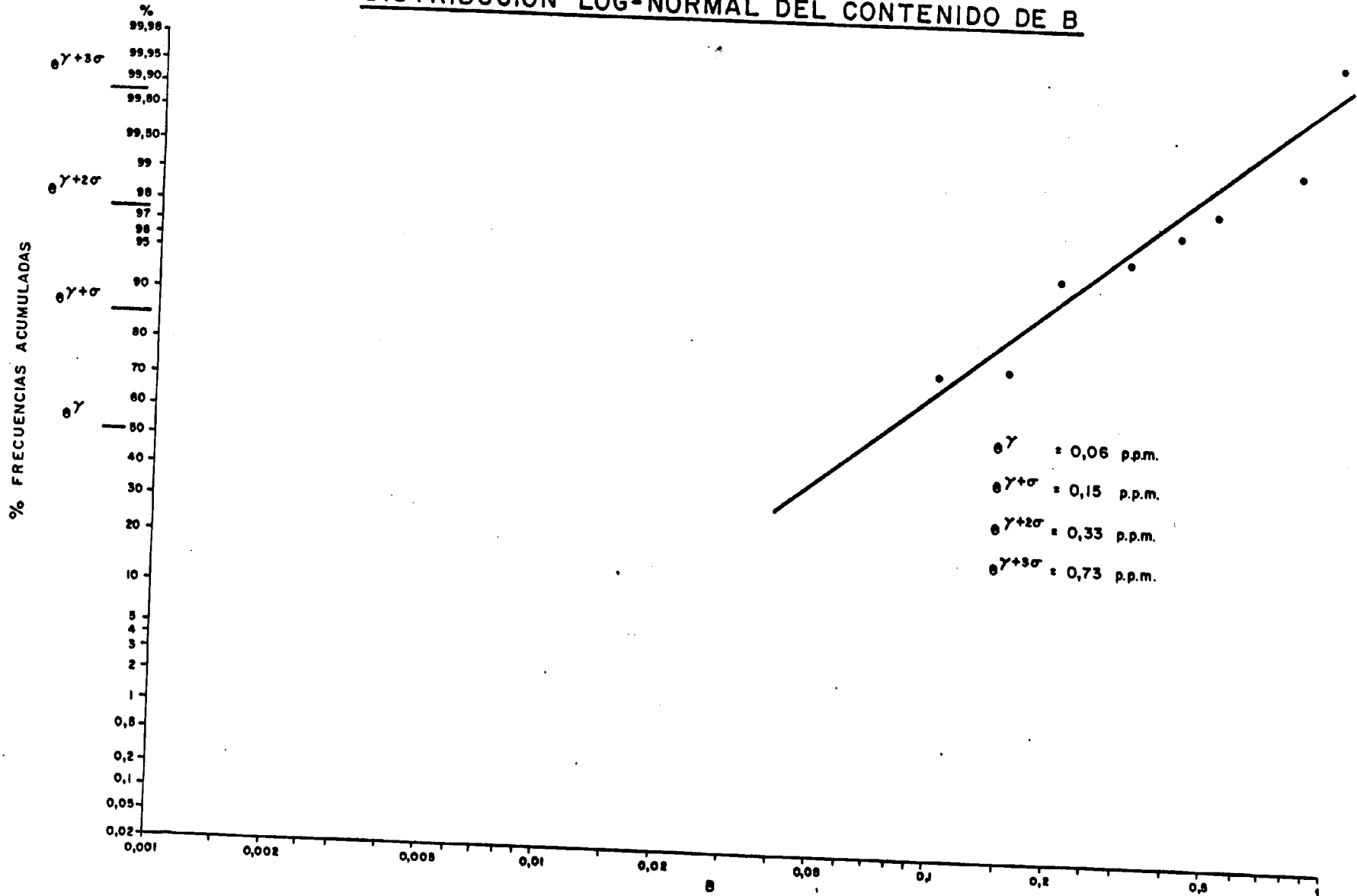
Al igual que con el SiO_2 , la distribución del boro también es de tipo log-normal. Esta distribución tiene unos valores de media, una, dos y tres desviaciones típicas (véase gráfico nº30) de 0'06, 0'15, 0'33 y 0'73 respectivamente.

4.3.1. ZONA DE ORENSE

Las anomalías son muy semejantes a las del SiO_2 y se distribuyen en Layas, Burgas de Canedo, Mende y Las Burgas-Fte. del Tintero. Existe otra de menor importancia en Carboeiro - (plano nº10).

GRAFICO 30

DISTRIBUCION LOG-NORMAL DEL CONTENIDO DE B



4.3.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS

Con los isocontenidos de boro sólo se aprecian dos anomalías, una en Baños de Molgas y la otra en Junquera de Ambia. Estas anomalías son más patentes que con el SiO_2 , especialmente en el primer lugar. La anomalía que se apreciaba con el SiO_2 en el eje El Mato-Sanfiz, no lo es con los contenidos en boro (plano n°16).

4.4. ISOCONTENIDOS DE FLUOR

Los contenidos de fluor no siguen una distribución log-normal sino que, la mayoría de los puntos presentan un fondo de 0'05 ppm. y, se pasa directamente a unos pocos de valores - anómalos. El tratamiento de los datos por medios estadísticos, como se ha realizado anteriormente, en este caso no es posible. Por ello, se ha optado por representar tres valores arbitrarios, pero que siguen una progresión logarítmica: 0'1, 1, 10 ppm.

4.4.1. ZONA DE ORENSE

Las anomalías que se observan con estos valores arbitrarios son similares a las obtenidas anteriormente, localizándose en los mismos lugares, aunque la zona de Layas sea menos - patente (plano n°11).

4.4.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS

Al igual que en Orense, se siguen viendo las mismas zonas anómalas, Baños y Junquera de Ambia. Al igual que con el boro no se aprecia ninguna anomalía en el área de El Mato-Sanfiz (plano n°17) .

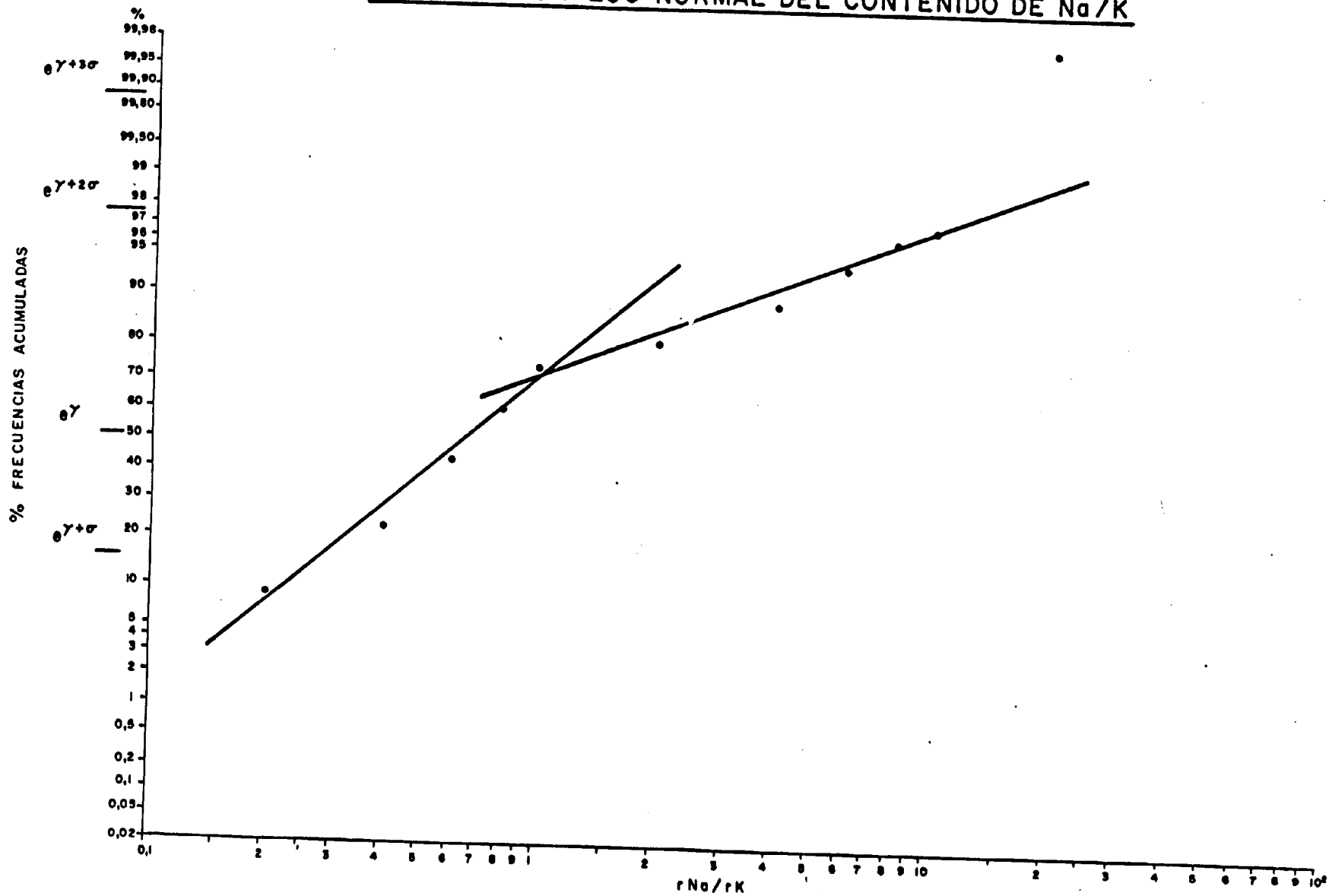
4.5. ANOMALIAS DE Na/K

Debido a los altos valores de la relación K/Na que presentan las aguas frías, en algunas ocasiones superiores a la unidad, y que originan una población anómala que se debería tratar como dos (gráfico n°31), se ha decidido representar únicamente la línea arbitraria de isocontenidos de $\text{Na/K} = 1$.

4.5.1. ZONA DE ORENSE

Con este valor de $\text{Na/K} = 1$ se delimitan dos zonas, una en la parte más occidental, que corresponde al eje Layas-Punxin y la otra, sigue aproximadamente el curso del río Miño e incluye además el área de las Burgas (plano n°12).

GRAFICO 31
DISTRIBUCION LOG-NORMAL DEL CONTENIDO DE Na/K



4.5.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS

Aquí se delimita bien la anomalías de Baños de Molgas, pero la de Junquera de Ambia, adquiere una gran extensión - (plano n°18).

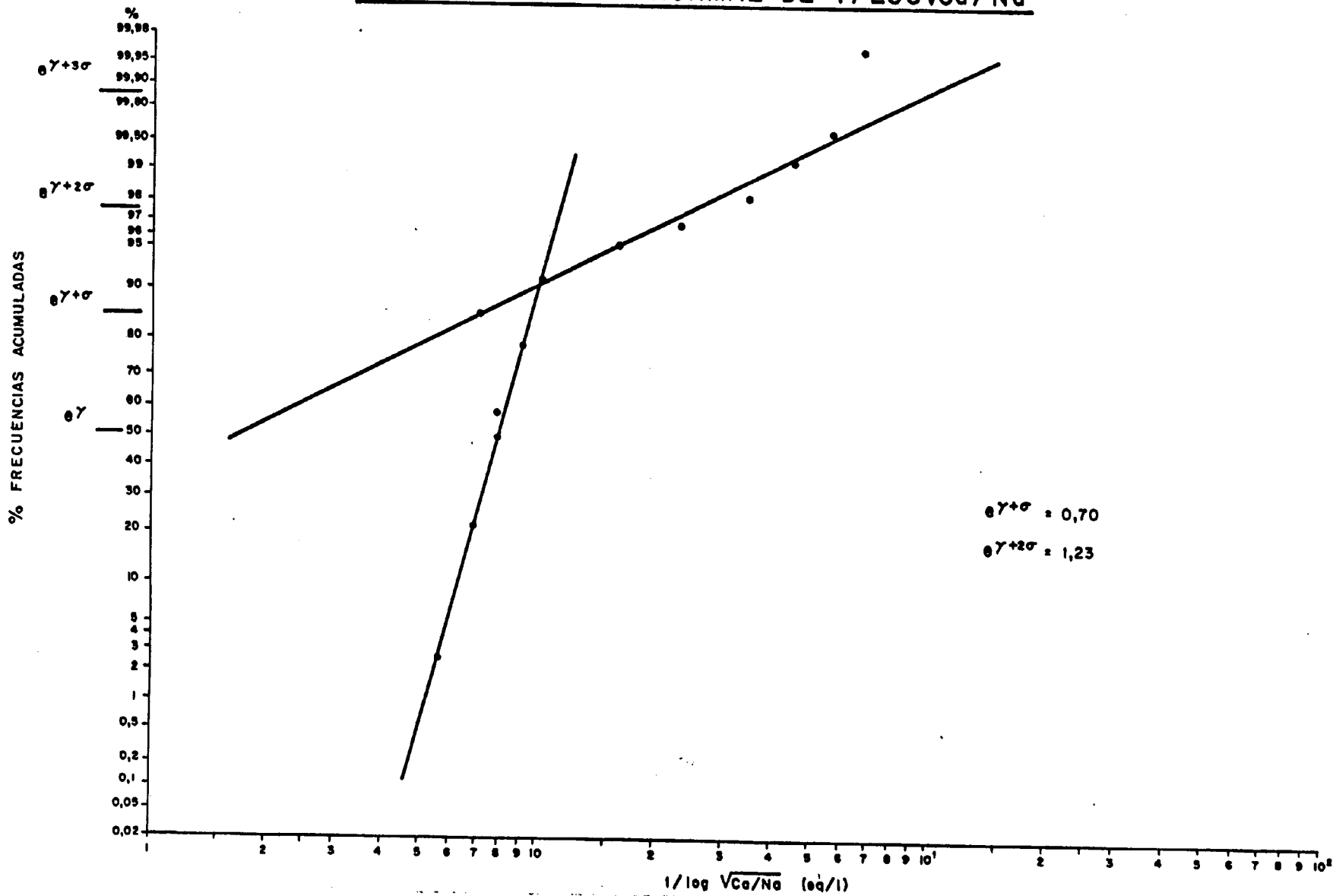
4.6. RELACION $1/\log \sqrt{\text{Ca}/\text{Na}}$

Los distintos valores de esta relación, que es función directa de las temperaturas, se ajustan a una distribución logarítmico normal. Ahora bien, el calcio no se encuentra equilibrado por lo que aparecen dos poblaciones (gráfico nº32) y para este estudio se ha utilizado la más anómala, aunque el valor de la media no ha sido representado por estar interferido por la población menor anómala.

4.6.1. ZONA DE ORENSE

Como en ocasiones anteriores, siguen apareciendo las anomalías en los mismos lugares, que con los parámetros utilizados anteriormente (plano N°13).

GRAFICO 32
DISTRIBUCION LOG-NORMAL DE $1/\text{LOG}\sqrt{C_a}/N_a$



4.6.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS

Aquí se observan las dos anomalías clásicas, Baños y - Junquera, más una tercera hasta ahora no detectada anteriormente y que se sitúa en Villar de Flores (plano nº19).

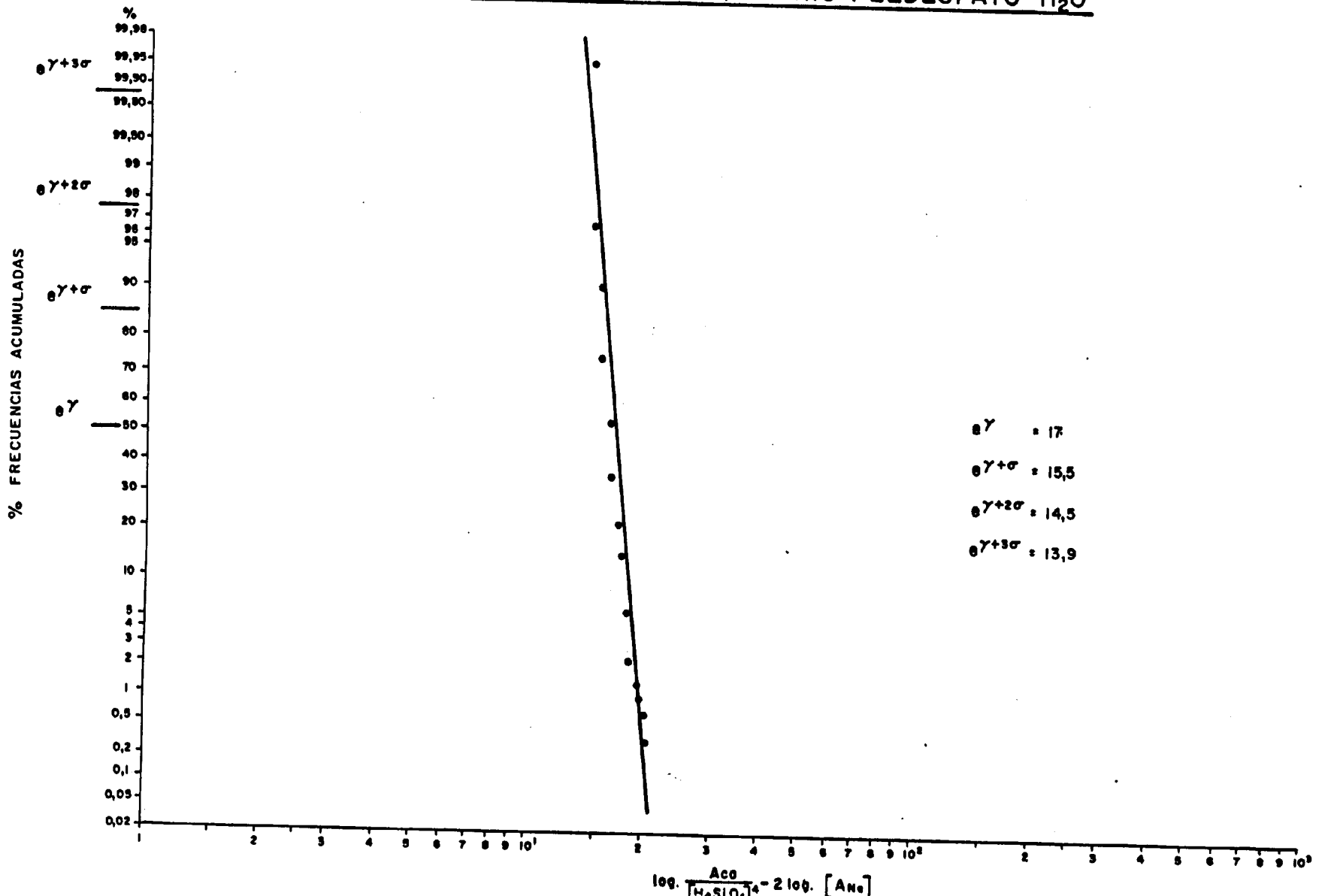
4.7. ISOEQUILIBRIO FELDESPATO-AGUA

Los valores representados corresponden a la constante - de equilibrio de la reacción de albitización, y que es función de la temperatura. Los valores se ajustan a una distribución log-normal (gráfico nº33) y la media, una, dos y tres desviaciones típicas son: 17, 15'5, 14'5 y 13'9 respectivamente.

4.7.1. ZONA DE ORENSE

Dos grandes anomalías se pueden ver, una en forma de T que incluye Las Burgas de Canedo-Mende-Las Burgas de Orense y la otra, es la de Layas-Punxin. Hay que hacer notar que la forma geométrica de estas dos anomalías es muy similar a la deducida por la relación Na/K (plano nº14).

GRAFICO 33
DISTRIBUCION LOG-NORMAL DEL EQUILIBRIO FELDESPATO H₂O



4.7.2. ZONA DE BAÑOS DE MOLGAS

Existen dos fuertes anomalías, una en Junquera de Ambia y la otra en Baños de Molgas. También se insinúa aunque con poca fuerza la anomalía de Villar de Flores, deducida de la relación $1/\log \sqrt{\text{Ca}/\text{Na}}$, de igual manera la deducida en el eje El Mato-Sanfiz, también es patente aquí. Por último se vislumbra una nueva, más fuerte que las dos anteriores, situada al W de San Martín de Valverde (plano n°20).

RELACIONES GEOQUIMICAS

<u>N°</u> <u>MUESTRA</u>	<u>SiO₂</u>	<u>B</u>	<u>F</u>	<u>LgNa/K</u>	<u>1/log√Ca/Na</u>	<u>FELDESPATO</u> <u>H₂O</u>
OR-6A	67,0	0,80	8,60	1,40	3,30	12,04
OR-6B	63,0	0,50	8,60	1,31	1,37	13,02
OR-7	68,5	0,51	12,00	1,62	1,40	12,84
OR-8	81,0	0,76	11,00	1,36	2,73	11,83
OR-14	66,0	0,80	9,00	1,39	2,94	12,11
OR-15	55,6	0,58	18,40	1,60	2,08	12,71
OR-19	77,0	0,86	12,00	1,48	1,77	12,32
OR-24	62,1	0,46	19,40	1,57	2,44	12,38
OR-25	68,5	0,75	19,40	14,50	2,79	12,10
OR-61	32,0	0,10	5,00	1,77	1,52	14,06
OR-63	36,0	0,10	5,00	1,88	1,56	13,83
OR-64	33,0	0,20	7,00	1,50	1,09	14,53
OR-66A	18,0	0,20	8,60	1,86	1,36	15,20
OR-67	79,0	1,00	6,00	1,37	1,72	12,32
OR-68	76,0	1,00	8,00	1,36	1,69	12,41
OR-69	50,0	0,50	7,60	1,27	1,25	13,57
OR-70	73,0	0,80	0,10	1,38	1,93	18,23
OR-71	70,0	0,54	12,00	1,49	2,08	12,34
OR-72	81,0	0,70	12,00	1,36	2,41	11,91
OR-73	79,0	0,66	12,00	1,38	2,38	11,96
OR-74	83,0	0,82	13,0	1,39	2,56	11,82
OR-75	32,0	0,16	0,71	0,04	0,90	14,91
OR-75A	26,0	0,22	0,21	0,03	0,78	15,63
OR-76	43,0	0,08	4,50	1,40	0,94	14,34
OR-128	34,2	1,00	0,10	0,60	0,66	15,66
OR-131	19,0	0,58	0,10	1,00	0,74	16,37
OR-162	9,0	0,05	0,10	2,04	1,49	16,31
OR-164	17,0	0,01	0,12	0,60	0,40	18,87
OR-165	17,0	0,40	0,10	2,12	1,06	15,75
OR-166	19,0	0,10	0,10	0,53	0,78	16,23
OR-167	15,0	0,05	0,10	0,09	0,94	16,18

<u>N°</u> <u>MUESTRA</u>	<u>SiO₂</u>	<u>B</u>	<u>F</u>	<u>LgNa/K</u>	<u>1/log $\sqrt{Ca/Na}$</u>	<u>FELDESPATO</u> <u>H₂O</u>
OR-168	17,0	0,05	0,10	0,66	0,93	16,01
OR-169	21,0	0,05	0,10	0,60	0,93	15,63
OR-170	21,0	0,05	0,10	0,42	0,79	16,01
OR-171	19,0	0,05	0,10	0,08	0,87	15,95
OR-241	36,0	0,10	0,10	0,87	0,71	15,39
OR-242	29,0	0,10	0,10	0,93	0,70	15,79
OR-245	36,0	0,05	0,40	0,84	0,74	15,27
OR-246	32,0	0,10	0,10	0,81	0,67	15,71
OR-247	31,0	0,05	0,20	0,75	0,66	15,87
OR-248	2,0	0,05	0,10	0,57	0,56	21,15
OR-249	26,0	0,05	0,10	0,97	0,78	15,69
OR-250	40,0	0,15	0,20	0,02	0,82	14,78
OR-251	26,0	0,05	0,10	0,41	0,79	15,64
OR-252	19,0	0,05	0,10	0,61	0,62	16,88
OR-253	10,0	0,05	0,10	0,13	0,64	17,89
OR-269	37,0	0,05	0,20	0,88	0,70	15,38
OR-270	32,0	0,05	0,20	0,92	0,69	15,66
OR-271	24,0	0,05	0,10	1,00	0,71	16,08
OR-288	24,0	0,10	0,10	0,12	0,95	16,34
OR-305	21,0	0,20	0,20	0,28	0,64	16,60
OR-336	26,0	0,05	0,10	1,45	1,28	14,69
OR-337	15,0	0,10	0,10	0,94	0,69	16,96
OR-338	21,0	0,05	0,10	0,50	0,91	15,66
OR-341	13,0	0,05	0,10	0,14	0,85	16,66
OR-354	13,0	0,05	0,10	1,17	0,72	17,09
OR-355	46,0	0,05	0,10	0,94	0,79	14,71
OR-356	30,0	0,05	0,10	1,03	0,82	15,32
OR-358	15,0	0,05	0,10	0,82	0,80	16,58
OR-362	30,0	0,20	0,10	0,31	0,85	15,20
OR-367	6,0	0,05	0,10	1,30	0,68	18,61
OR-376	19,0	0,14	0,24	1,15	0,83	16,09
OR-378	10,7	0,10	0,10	0,49	0,72	17,45
OR-379	10,7	0,20	0,10	0,63	0,63	17,84

<u>N°</u> <u>MUESTRA</u>	<u>SiO₂</u>	<u>B</u>	<u>F</u>	<u>LgNa/K</u>	<u>1/log $\sqrt{Ca/Na}$</u>	<u>FELDESPATO</u> <u>H₂O</u>
OR-380	17,1	1,00	0,10	0,88	0,92	16,03
OR-381	6,4	0,04	0,05	0,30	0,62	23,20
OR-382	1,0	0,20	0,10	0,35	0,66	21,82
OR-401	32,0	0,04	0,16	1,30	0,74	15,47
OR-402	38,0	0,08	0,20	1,04	0,71	15,24
OR-403	21,0	0,04	0,35	1,00	0,74	16,21
OR-404	28,0	0,06	0,25	1,34	0,78	15,54
OR-405	19,0	0,10	0,05	1,53	0,67	16,63
OR-406	21,0	0,04	0,11	0,65	0,67	16,47
OR-407	17,0	0,07	0,11	1,38	0,74	16,52
OR-408	30,0	0,18	0,16	0,33	0,76	15,46
OR-409	17,0	0,12	0,18	0,12	0,75	16,49
OR-410	30,0	0,08	0,15	0,95	0,80	15,37
OR-411	16,0	0,06	0,05	0,84	0,69	16,84
OR-412	26,0	0,02	0,10	0,70	0,70	15,94
OR-413	17,0	0,04	0,05	0,70	0,70	16,68
OR-414	30,0	0,04	0,04	0,47	0,53	16,62
OR-415	38,0	0,05	0,05	1,68	0,80	14,93
OR-416	23,0	0,04	0,05	0,84	0,71	16,14
OR-417	17,0	0,10	0,15	1,14	0,62	17,05
OR-418	13,0	0,14	0,05	0,10	0,70	17,15
OR-419	15,0	0,05	0,10	0,26	0,62	17,29
OR-420	17,0	0,06	0,10	0,90	0,65	16,94
OR-421	13,0	0,08	0,05	0,11	0,72	17,09
OR-422	28,0	0,07	0,05	0,70	0,95	15,10
OR-423	19,0	0,10	0,05	0,05	0,72	16,40
OR-424	30,0	0,04	0,10	1,14	0,83	15,30
OR-425	30,0	0,08	0,10	1,45	0,72	15,63
OR-426	28,0	0,06	0,05	1,30	0,63	16,17
OR-427	43,0	0,08	0,90	1,30	0,75	14,89
OR-428	21,0	0,12	0,08	0,65	0,67	16,46
OR-429	30,0	0,20	0,15	1,02	0,65	15,92
OR-430	21,0	0,04	0,05	0,65	0,67	16,47

<u>N°</u> <u>MUESTRA</u>	<u>SiO₂</u>	<u>B</u>	<u>F</u>	<u>LgNa/K</u>	<u>1/log $\sqrt{\text{Ca/Na}}$</u>	<u>FELDESPATO</u> <u>H₂O</u>
OR-431	15,0	0,12	0,05	1,08	0,78	16,64
OR-432	21,0	0,01	0,05	1,20	0,87	15,80
OR-433	19,0	0,16	0,05	0,74	0,76	16,28
OR-436	13,0	0,04	0,05	0,60	0,63	17,44
OR-487	26,0	0,04	0,05	0,33	0,69	15,99
OR-438	30,0	0,01	0,05	0,54	0,63	16,07
OR-439	26,0	0,06	0,12	0,90	0,87	15,43
OR-440	26,0	0,02	0,05	0,90	0,69	16,03
OR-441	17,0	0,02	0,05	1,08	0,78	16,42
OR-442	17,0	0,16	0,05	0,60	0,70	16,70
OR-443	10,0	0,12	0,05	0,48	0,63	12,95
OR-444	11,0	0,10	0,05	0,78	0,63	17,79
OR-445	26,0	0,32	0,05	0,23	0,73	15,82
OR-446	17,0	0,14	0,05	0,04	0,97	15,91
OR-447	21,0	0,16	0,05	0,48	0,53	17,26
OR-448	15,0	0,22	0,05	0,56	0,71	16,88
OR-449	8,0	0,18	0,05	0,28	0,74	17,82
OR-450	13,0	0,04	0,05	0,14	0,71	17,12
OR-451	9,0	0,10	0,05	0,17	0,55	18,59

5. GEOFISICA

Para eliminar las perturbaciones eléctricas, se probó un aparato construido por la Bodensee Geosystem que fué ensayado en la zona de Orense y en el balneario de Partovia con excelentes resultados.

La referida presencia de obstáculos obligó, en ciertos casos, a sustituir el dispositivo trielectrónico combinado por el trielectrónico simple, así como a suprimir alguna estación intermedia, con la consiguientes discontinuidad en la curva.

El ensayo del método emanométrico se justifica por la experiencia, desde antiguo, de que este procedimiento dá, en ciertos casos, muy buenos resultados para la detección de fallas y zonas fracturadas. Se utilizó un método moderno que evita la aspiración de aire para separar el radon. La emanometría se complementó con radiometría gamma para lo cual se utilizó un centellómetro de tipo normal.

Las mediciones emanométricas se vieron dificultadas en algunos casos por la presencia de agua freática casi aflorante, lo que impidió algunas mediciones y obligó a la repetición de la Zona 2 de Baños de Molgas en época más seca.

En cada una de las zonas estudiadas se han ensayado al menos dos métodos.

5.2. INSTRUMENTAL

5.2.1. INSTRUMENTOS ELECTRICOS

Se utilizaron dos equipos, uno el usual construido por Geotrón, y otro especial para el trabajo en zonas perturbadas, manufacturado por la casa alemana Bodensee werk Geosystem. Como este aparato es poco conocido, describiremos sucintamente su fundamento.

El equipo consta de dos instrumentos, emisor y receptor. El emisor, acoplado como es natural a los electrodos A y B, - produce señales de onda cuadrada con cambio de polaridad. El receptor integra las señales durante un tiempo aproximado de dos segundos. Esta integración se hace de tal modo que quedan eliminadas las perturbaciones sinusoidales salvo una semionda, y las perturbaciones de tensión constante o con variación lineal respecto al tiempo durante la duración de la integración, prácticamente por completo. Los resultados de las integraciones de la intensidad de corriente y del ΔV entre M y M se leen en forma numérica en un LED de 6 cifras.

Dichos resultados quedan grabados en una memoria electrónica, lo que permite aumentar la precisión apilando varias lecturas sucesivas. Como los instrumentos deben estar acoplados para efectos de sincronización y de lectura, y por otra parte un enlace galvánico entre ambos no es aconsejable en modo alguno en evitación de inducciones y otras influencias, tal enlace se efectúa por medios ópticos.

5.2.2. INSTRUMENTOS RADIATIVOS

Se emplearon dos instrumentos, uno para emanometría y otro para radiación gamma directa.

El instrumento emanométrico era un "Alphacard" construido por "Alphanuclear" de Canadá. Su fundamento es el siguiente:

Se emplean tarjetas colectoras de "mylar" aluminizadas, capaces de retener minúsculas cantidades de un "depósito activo" compuesto por productos de la desintegración del radon. Estas tarjetas se colocan en el interior de una cámara de aire, consistente en un agujero en el suelo de unos 35 cm de profundidad, y permanecen en él durante toda la noche, para recoger el radon que pudiera existir. Al día siguiente se mide la radiactividad de las sustancias depositadas en la tarjeta, por medio de detectores de silicio de estado sólido. Esta medición se efectuó "in situ" por medio de un instrumento que cuenta el número de desintegraciones alfa que se producen en 5 minutos e indica digitalmente el número de cuentas por minuto (c.p.m.). El lector está provisto de una memoria electrónica donde queda grabado dicho número, junto con los de la tarjeta y estación y la hora. Si se desea, puede efectuarse una corrección para eliminar el Torón en zonas donde éste existe.

A continuación se describen los diferentes ensayos realizados en una clasificación por zonas.

5.3. BAÑOS DE MOLGAS

Se probaron aquí los métodos de calicatero eléctrico, - emanometría y radiometría.

Las pruebas se hicieron en dos zonas. Una muy próxima al casco de la población y la otra al Este de la misma cruzando el río Arnoya.

5.3.1. ZONA 1

5.3.1.1. TRABAJO DE CAMPO

Se efectuaron calicatas trielectrónicas combinadas sobre tres perfiles que cruzaban el río. Los dispositivos utilizados fueron A20M10N20A' y A120M10N120A' con paso de 20 m entre estaciones. La situación de los perfiles se indica en el plano de localización de la zona, n°21. La longitud de los perfiles fué de 300 m el perfil 1 y 2 y de 620 m el perfil 3.

Las mediciones emanométricas y radiométricas se realizaron sobre siete perfiles, cuatro de ellos equidistantes y superpuestos ó intercalados entre los perfiles 1 y 2 de calicatas y los otros tres sobre el perfil 3 y a sus lados. La distancia entre estaciones fué aquí también de 20 m. La longitud de los cuatro primeros perfiles de emanometría y radiometría fué de 360 m y la de los tres restantes igual a 620 m.

5.3.1.2. REPRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Las curvas de resistividad aparente que corresponden a las calicatas, han sido trazadas por medio de ordenador en escala semilogarítmica con módulo de 62'5 mm para el eje vertical de resistividades y escala 1:1000 para el eje horizontal de distancias y que acompañan a este informe. Gráficos 34 al 40.

Para mejor comprensión de los resultados, éstos se han representado en planos de la zona a escala 1:1000, con sus correspondientes isolíneas y zonas de resistividad. Planos números 22, 23 y 24.

5.3.1.3. INTERPRETACION Y RESULTADOS

5.3.1.3.1. CALICATAS ELECTRICAS

Perfil 1 y 2

Ambos perfiles presentan muy bajas resistividades. Posiblemente por estar sobre granito alterado o fracturado. Las resistividades medias son sensiblemente iguales en el dispositivo largo y en el corto por lo que no parece haber variación en cuanto a la posible formación geológica hasta 100 ó 120 m de profundidad. Gráficos 34, 35 y 36.

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
BAÑOS DE MOLGAS-PERFIL 1

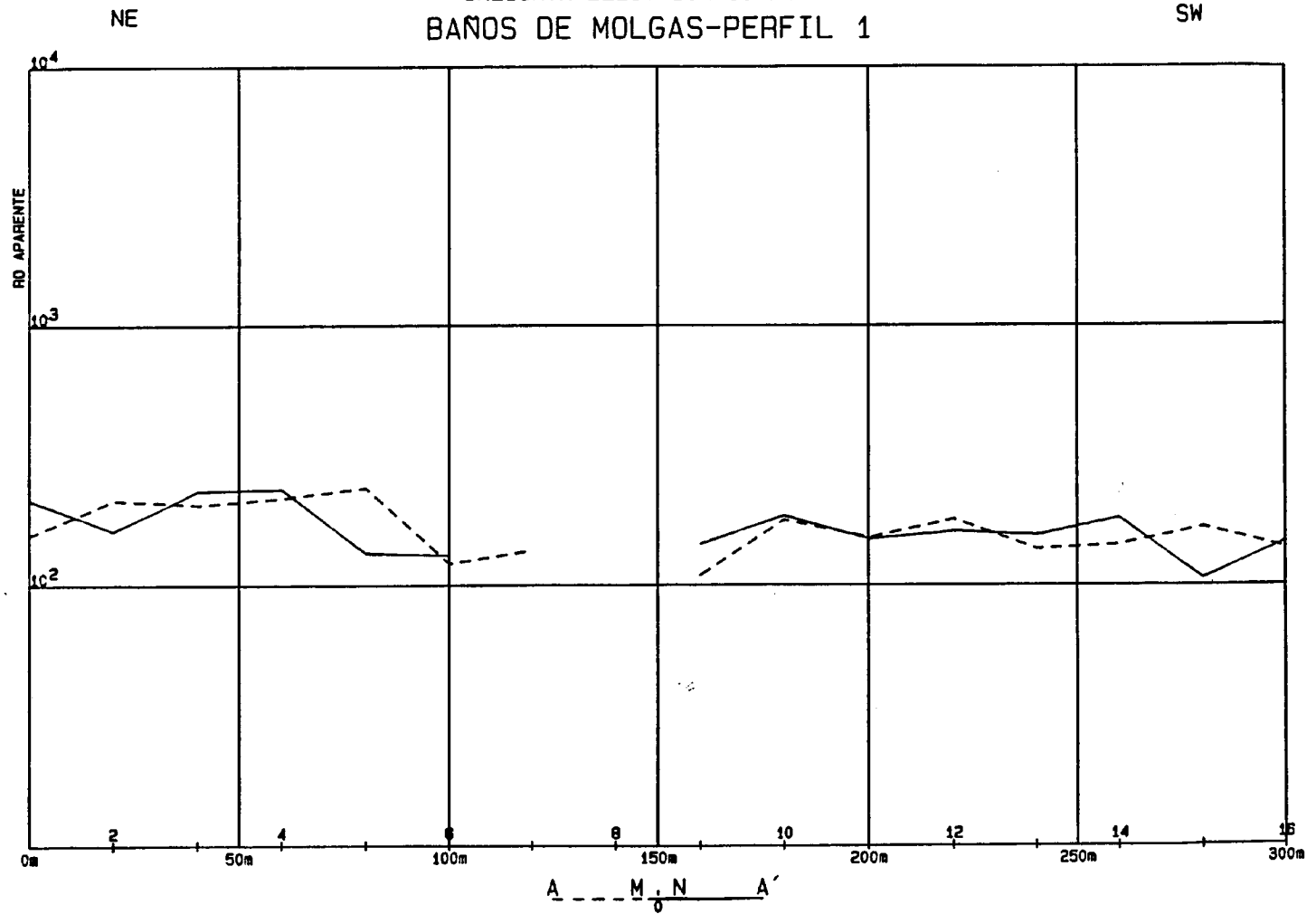
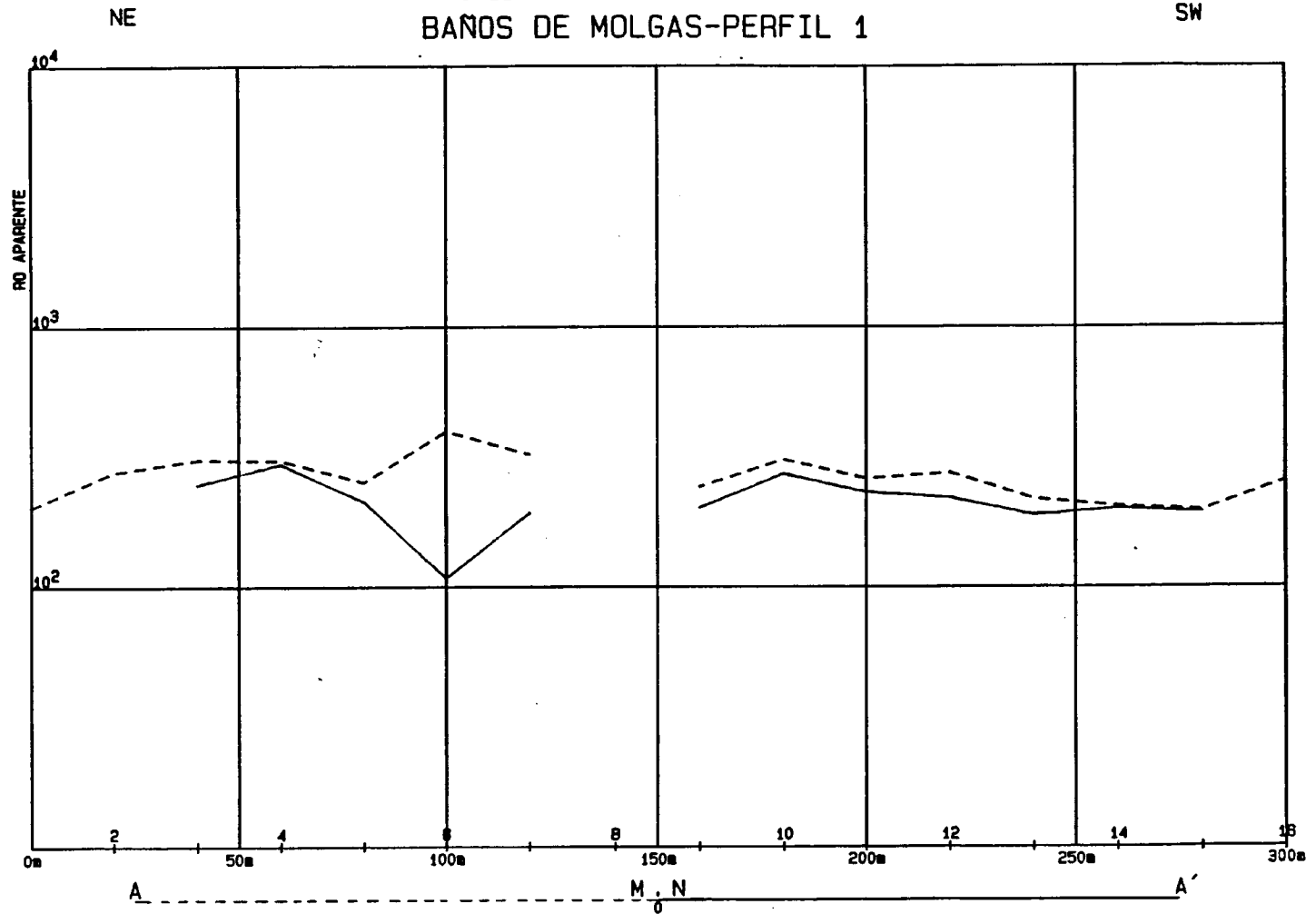


Gráfico 34a

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
BAÑOS DE MOLGAS-PERFIL 1



IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
BAÑOS DE MOLGAS-PERFIL 2

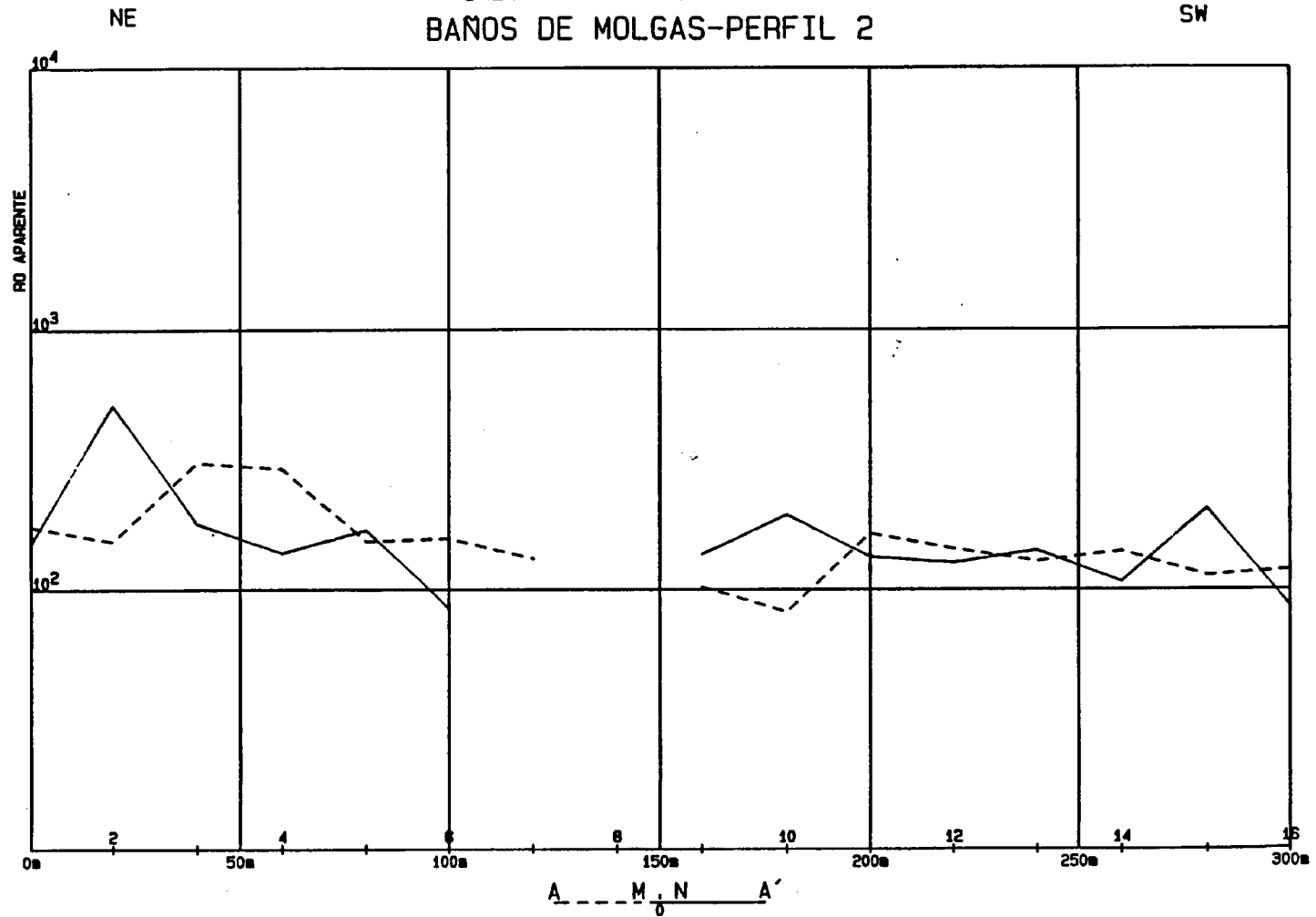


Gráfico 35

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
BAÑOS DE MOLGAS-PERFIL 2

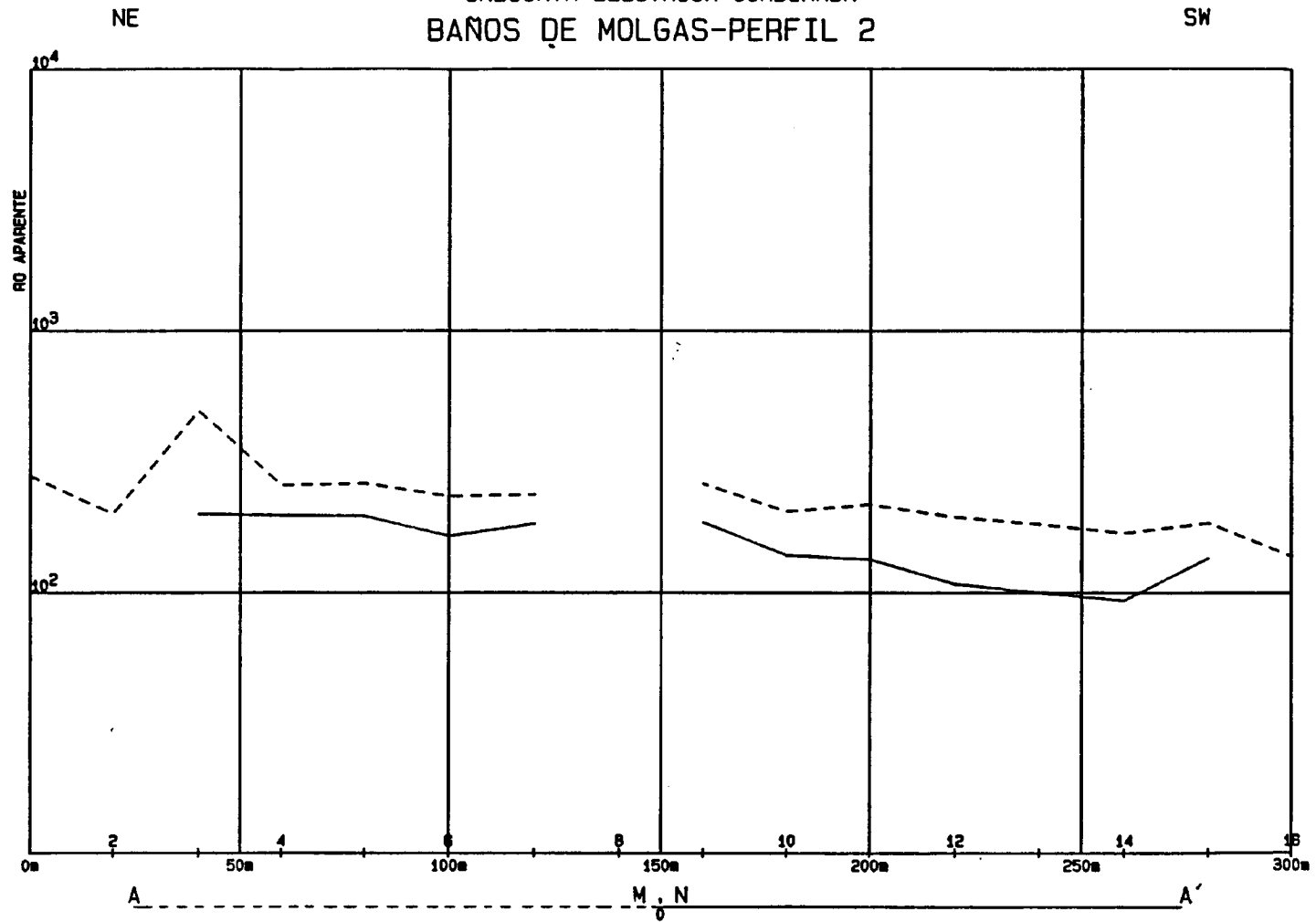


Gráfico 36

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
BAÑOS DE MOLGAS-PERFIL 3

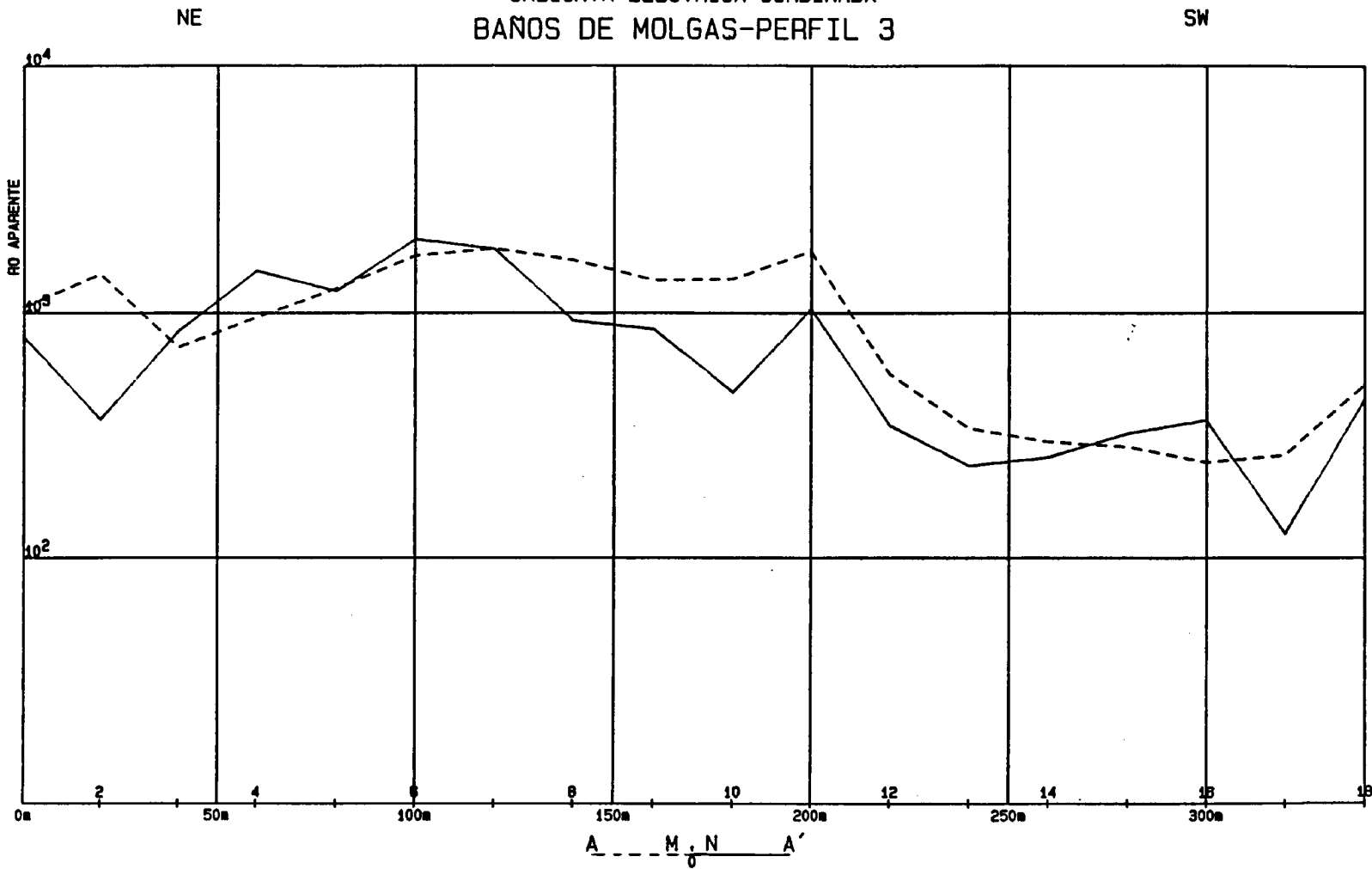


Gráfico 37

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
BAÑOS DE MOLGAS-PERFIL 3

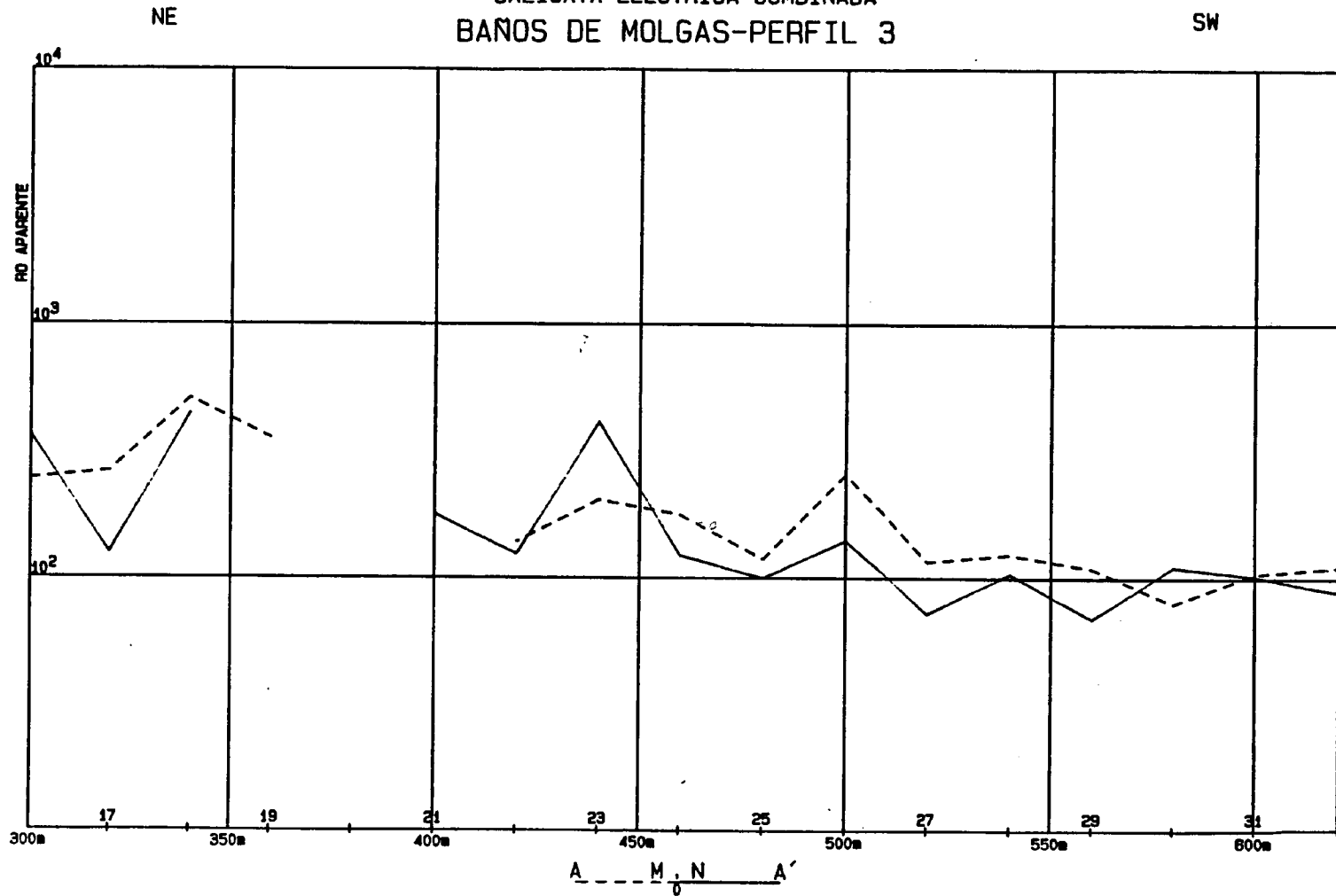


Gráfico 38

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
BAÑOS DE MOLGAS-PERFIL 3

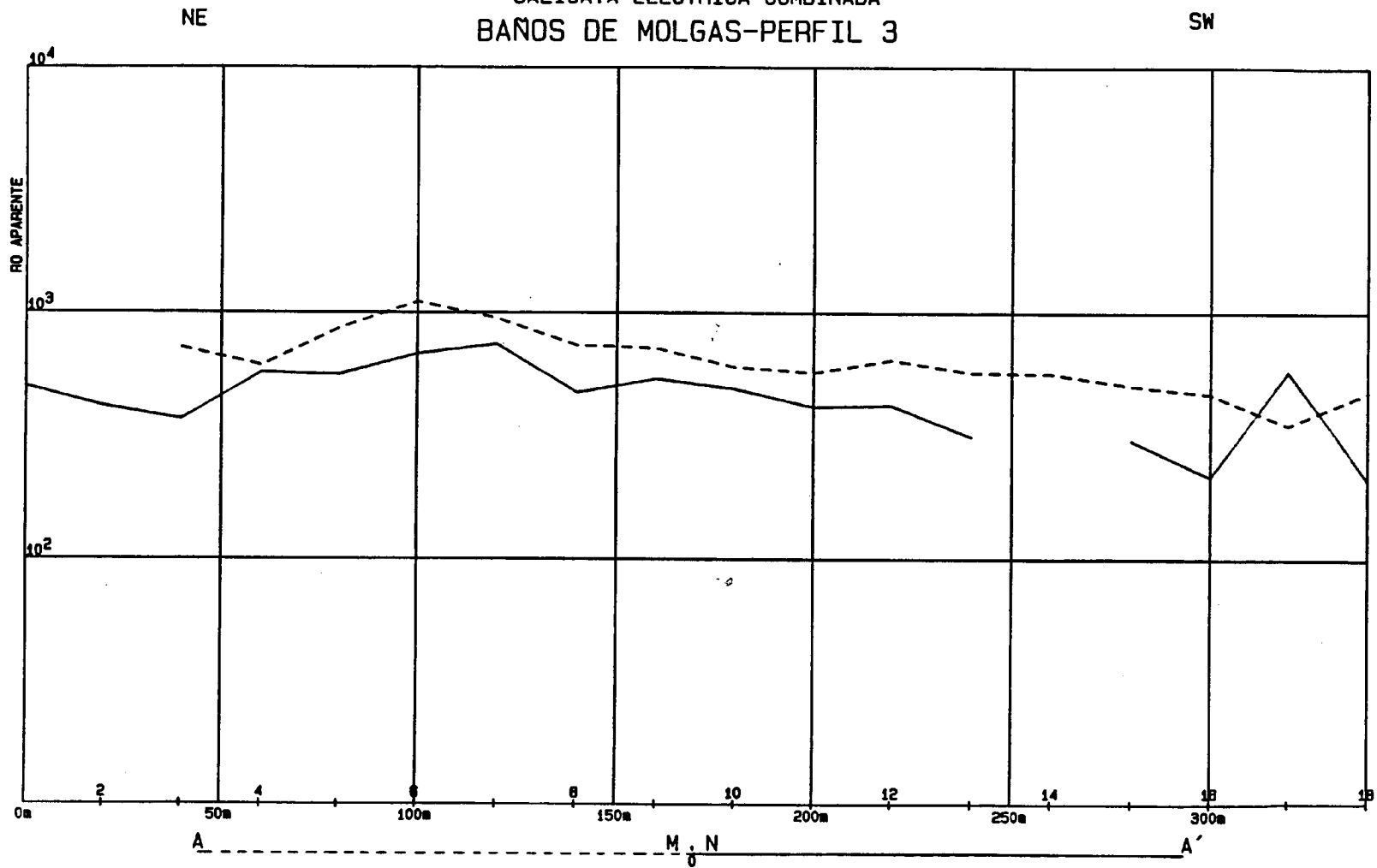


Gráfico 39

IBERGESA
 CALICATA ELECTRICA COMBINADA
 BAÑOS DE MOLGAS-PERFIL 3

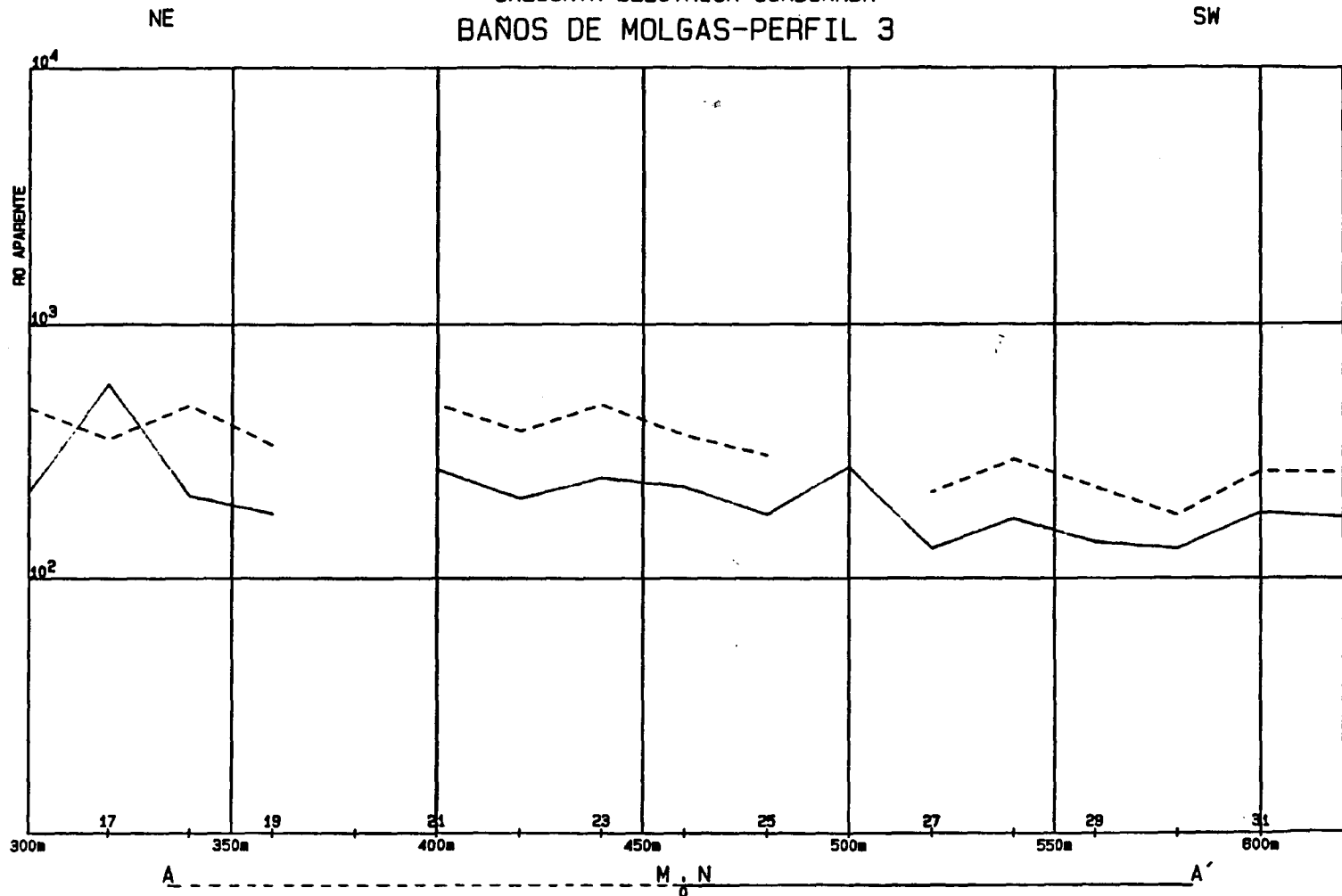


Gráfico 40

Perfil 3

Con el dispositivo corto se registra una zona de alta resistividad (≈ 1.000 ohmios.m) hasta los 200 m del origen, a partir de ahí baja la resistividad hasta ≈ 200 ohmios.m y sigue bajando suavemente hasta estabilizarse al otro lado del río en aproximadamente 100 ohmios.m. Estas variaciones no se manifiestan con tanta claridad en el dispositivo largo, en éste desde 100 m hasta el final va bajando la resistividad suavemente quedando al final en aproximadamente 200 ohmios.m.

Parece que esta variación más gradual de la resistividad en el dispositivo largo se debe a efectos topográficos que son más intensos en este dispositivo por ser su tamaño comparable al del relieve topográfico. En resumen la consecuencia más importante de este perfil es la existencia de un cambio brusco en las resistividades a 200 m del origen, estando el bloque más resistivo en la parte E del perfil. La zona resistiva podría corresponder a granito sano y la zona de menor resistividad a granito alterado a fracturado quizá con algo de recubrimiento. La profundidad de investigación estimada por comparación de ambos dispositivos es de unos 100 m. Gráficos 37 a 40

5.3.1.3.2. EMANOMETRIA Y RADIOMETRIA

Los valores emanométricos observados oscilan entre cero y 80 c.p.m. (cuentos por minuto). La distribución de estos valores no presenta ningún rasgo claramente marcado que permita establecer conclusiones sobre la presencia de alguna fractura. Ello en parte se debe al carácter extremadamente local del estudio realizado, así como a la imposibilidad de realizar mediciones en la parte sur de la zona por invasión de agua freática en las estaciones. No obstante se observa una zona de valores mínimos en las proximidades del río y zonas de valores má

ximos separadas de él. El relacionar entre sí los datos de los dos grupos de perfiles sería aventurado dada la distancia que existe entre ellos y la distribución irregular de las anomalías encontradas. Es posible que las mediciones estén muy influenciadas por la proximidad del nivel freático al suelo, lo que ha podido haber distorsionado los valores que de otra manera se hubieran obtenido.

En la radiometría sobre un fondo de 80 ó 90 c.p.s. (cuentos por segundo) destacan valores locales que en algún caso llegan a cerca de 200 c.p.s., valor que no resulta demasiado elevado para ser muy significativo. Se nota correlación entre los valores máximos y la zona de resistividad alta detectada por las calicatas, esto podría ser debido a una mayor actividad del granito sano.

5.3.2. ZONA 2

5.3.2.1. TRABAJO DE CAMPO

Se efectuaron calicatas trielectródicas combinadas con dispositivo A20M10N20A' sobre los cuatro perfiles indicados en el plano de situación. Así mismo, sobre los mismos perfiles se hicieron calicatas trielectródicas con dispositivo M10N120A al no poderse realizar combinada por la presencia del río y de la población. El perfil 4 tiene una longitud de 280 m y el 5 y 6 de 300 m. El paso elegido fué también de 20 m y la distancia entre perfiles es de 40 m.

En la misma época en que se realizaron las calicatas se hicieron cinco perfiles de emanometría y radiometría, de la misma longitud que los primeros y sobre ellos e intercalados.

Al no poderse realizar las mediciones emanométricas en muchas estaciones, por la presencia de agua, se realizó una segunda campaña emanométrica sobre la misma zona en época más seca. - En esta segunda campaña los perfiles están más próximos, a 15 m, tal como se indica en el croquis de situación.

5.3.2.2. REPRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Se ha realizado de forma análoga a los de la zona 1, - porque lo dicho en el párrafo 5.3.1.2. vale también aquí. Solo señalar que en el croquis de situación y resultados, plano n°25, de las calicatas vienen anotados también los valores obtenidos en la primera campaña de emanometría. Los resultados de amenometría y radiometría se reflejan en los planos 26 y 27.

5.3.2.3. INTERPRETACION Y RESULTADOS

5.3.2.3.1. CALICATAS ELECTRICAS

Perfil 4, 5 y 6

En esta zona, en los perfiles 5 y 6, se detectan dos zonas bastante diferenciadas en lo que se refiere a resistividad. Esta diferenciación es más clara con el dispositivo corto que con el largo. La separación entre ellas se sitúa aproximadamente a 140 m del origen en el perfil 6 y 150-160 m del origen en el perfil 5, siendo la parte Sur más conductora (≈ 400 ohmios.m) que la Norte (≈ 1.000 ohmios.m). El contacto entre estas dos zonas queda algo impreciso, en cuanto a su situación, por estar algo enmascarada su anomalía por otra superpuesta debido a la topografía, además de que el dispositivo largo solo se ha podido hacer con dispositivo simple (no combinado como el corto). Gráficos 41 al 46.

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
BAÑOS DE MOLGAS-PERFIL 4

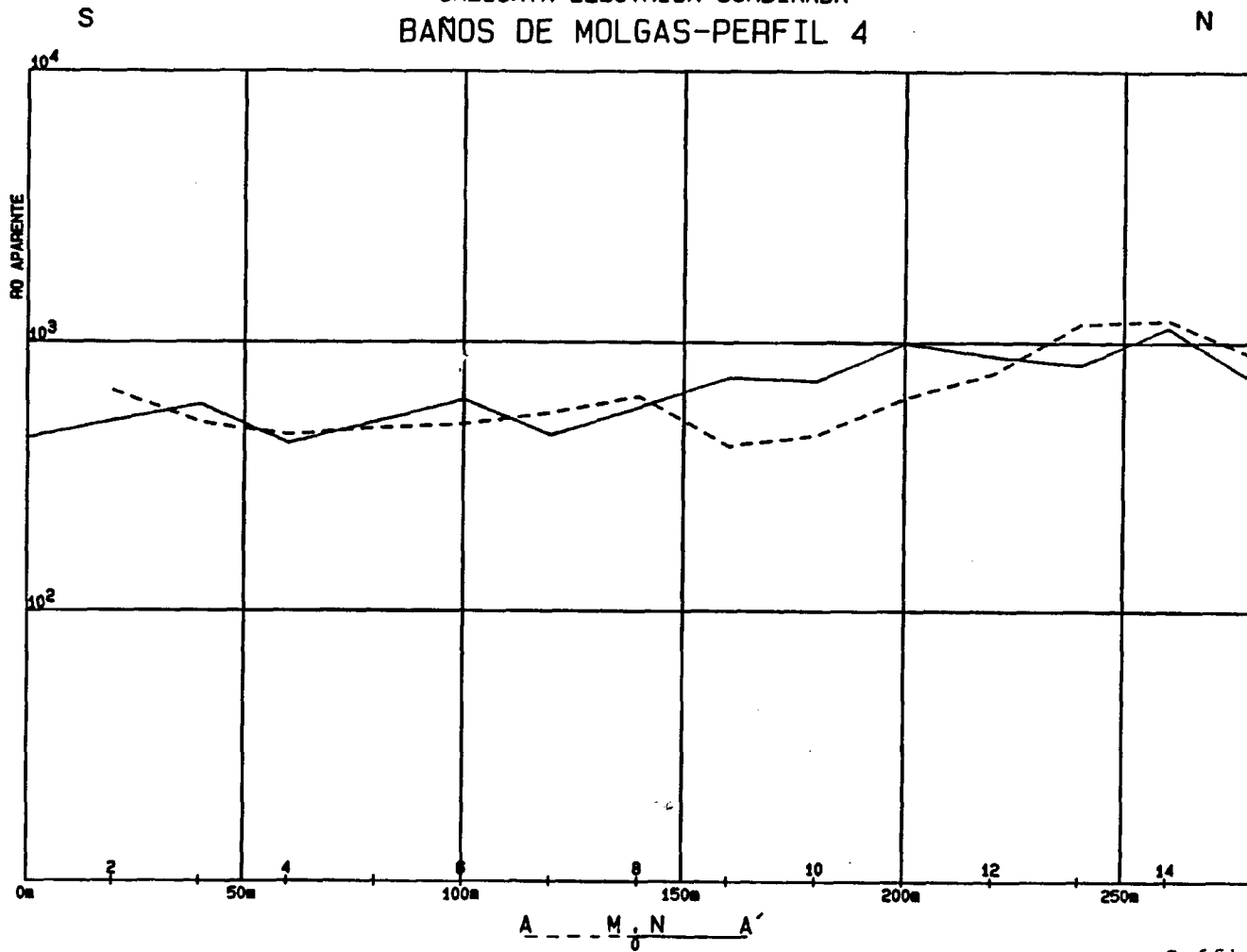


Gráfico 41

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA TRIELECTRODICA
BANOS DE MOLGAS-PERFIL 4

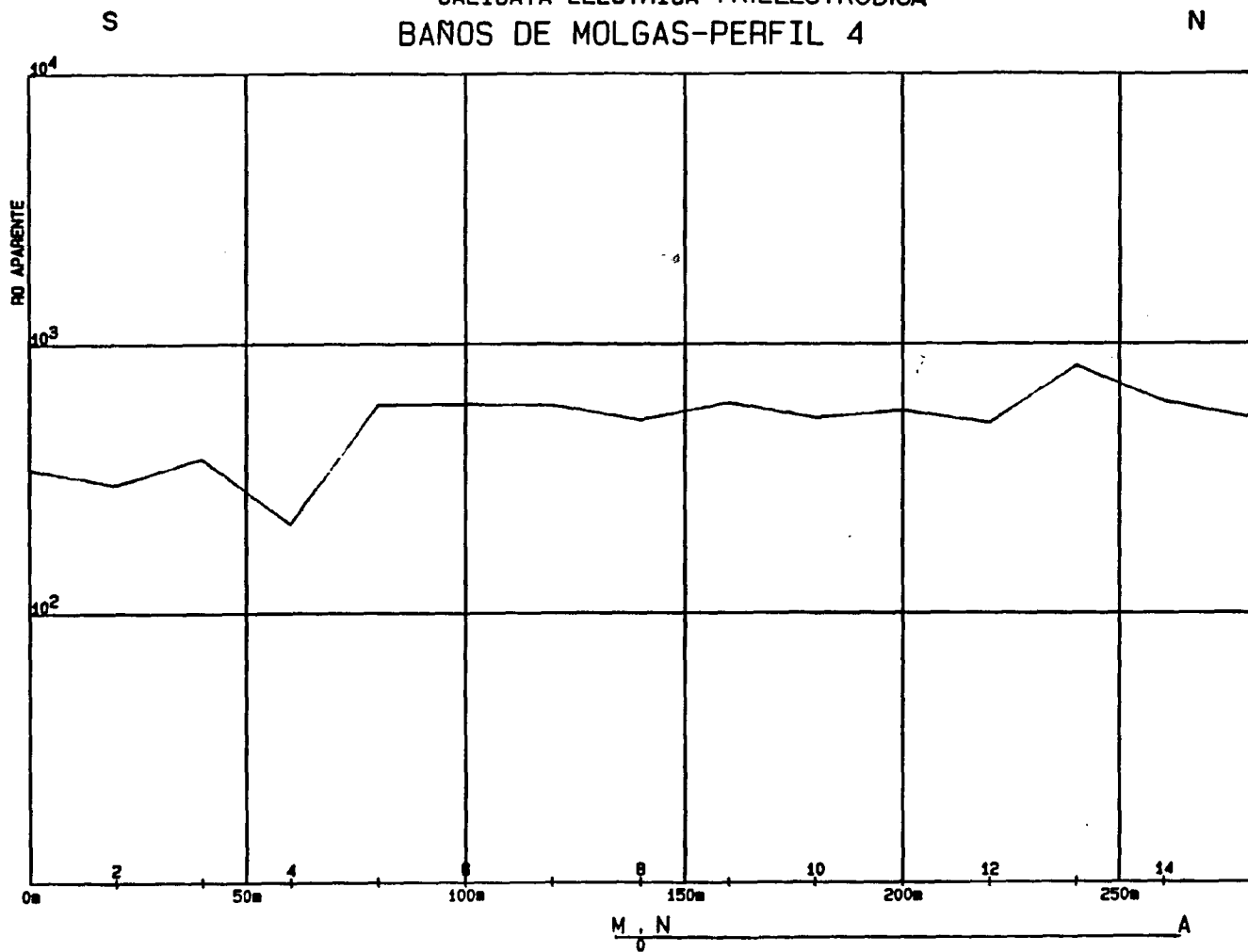


Gráfico 42

5.3.3. CONCLUSIONES

5.3.3.1. CALICATAS

Aunque la información recogida es incompleta por los - obstáculos para las mediciones, resalta con claridad que Ba-- ños de Molgas se encuentra en una zona local de resistividad baja (100 a 300 ohmios.m), que linda por el Norte con otra cu ya resistividad es más alta y mas propia del granito sano (al rededor de 1000 ohmios.m).

Los perfiles 1 y 2, en su totalidad, quedan dentro de - la zona más conductora, mientras que los restantes cruzan la transición entre ambas zonas.

5.3.3.2. EMANOMETRIA Y RADIOMETRIA

No pueden sacarse conclusiones definitivas y ello, tan- to por haber sido perturbadas las mediciones por lo somero de la capa freática, como por lo reducido de la extensión de la zona explorada, que hace que falten términos de comparación.

Sería preciso, por lo tanto, obviar estos inconvenientes en una nueva investigación, siempre que sea posible encontrar una zona lo suficientemente seca para trabajos sin perturba-- ciones, al menos en lo que respecta a emanometría.

5.4. ORENSE (CAPITAL)

Como en la zona de Baños de Molgas aquí también se probaron los métodos de calicateo eléctrico, emanometría y radiometría.

Aquí también se realizaron las pruebas en dos zonas. - Una al Sur de río Miño y al Oeste de Orense, entre el río y la carretera de Cortegada; la denominamos zona 1. Otra al otro lado del río y aproximadamente enfrente; la hemos llamado zona 2. Plano nº28.

En esta última zona sólo se pudo hacer emanometría y radiometría.

5.4.1. ZONA 1

5.4.1.1. TRABAJO DE CAMPO

Las calicatas eléctricas se efectuaron sobre seis perfiles situados tal como se indica en el plano n°29. Sobre estos perfiles se hicieron mediciones con los dispositivos A20M10N 20A' y M10N120A' (ésta última no se pudo hacer combinada por la presencia del río). Los perfiles 1, 2 y 4 tienen 220 m de longitud (salvo con el dispositivo largo, en el 4 que sólo se pudo hacer en 140 m), los perfiles 3 y 5, 200 m y el 6, 160 m de longitud.

La presencia de fuertes perturbaciones eléctricas hizo necesario el uso de los aparatos de la Bodensee Geosistem, - que como se indicó anteriormente dieron muy buenos resultados.

La emanometría y radiometría se hizo sobre cinco perfiles situados, como se indica en los planos números 28, 30 y 31, en las mismas zonas que las calicatas y en general intercalados.

5.4.1.2. REPRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Se ha hecho de la forma indicada en los párrafos anteriores (2.1.2. y 2.2.2.)

Hay que hacer notar que dada la escasez de anomalías detectadas por los métodos radiactivos, en los croquis correspondientes a dichos métodos sólo se han señalado zonas anómalas en el trazado de isolíneas.

5.4.1.3. INTERPRETACION Y RESULTADOS

5.4.1.3.1. CALICATAS ELECTRICAS

Perfil 1

Los rasgos más importantes de este perfil, detectados con el dispositivo corto, son, un cruce inverso, en una zona de resistividad alta, resistividad más baja, a 194 m del origen. Estos rasgos, evidentemente, no se ven con el dispositivo largo al no ser combinado.

Se han interpretado como dos zonas de resistividad bien diferenciada, quedando la más resistiva al NNE del perfil y que va del origen hasta 120 m de él y la más conductora al SSO a partir de dicho punto hasta el final del perfil.

Pensamos que la zona más resistiva corresponde a granitos más sanos, con algo de recubrimiento, y la más conductora a la misma formación más alterada o fracturada, también recubierta. Gráficos 47 y 48.

Perfil 2

Se observan los mismos rasgos que en el perfil anterior, con el cruce inverso a 26 m del origen y el directo a 150 m.

La interpretación es análoga. En la parte final del perfil con dispositivo corto parece iniciarse un aumento de resistividad.

El contacto entre la formación resistiva y la conductora se encuentra a unos 100 m del origen y, por lo tanto, algo más al norte que en el perfil anterior. Gráficos 49 y 50.

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
ORENSE PERFIL 1

NNE

SSW

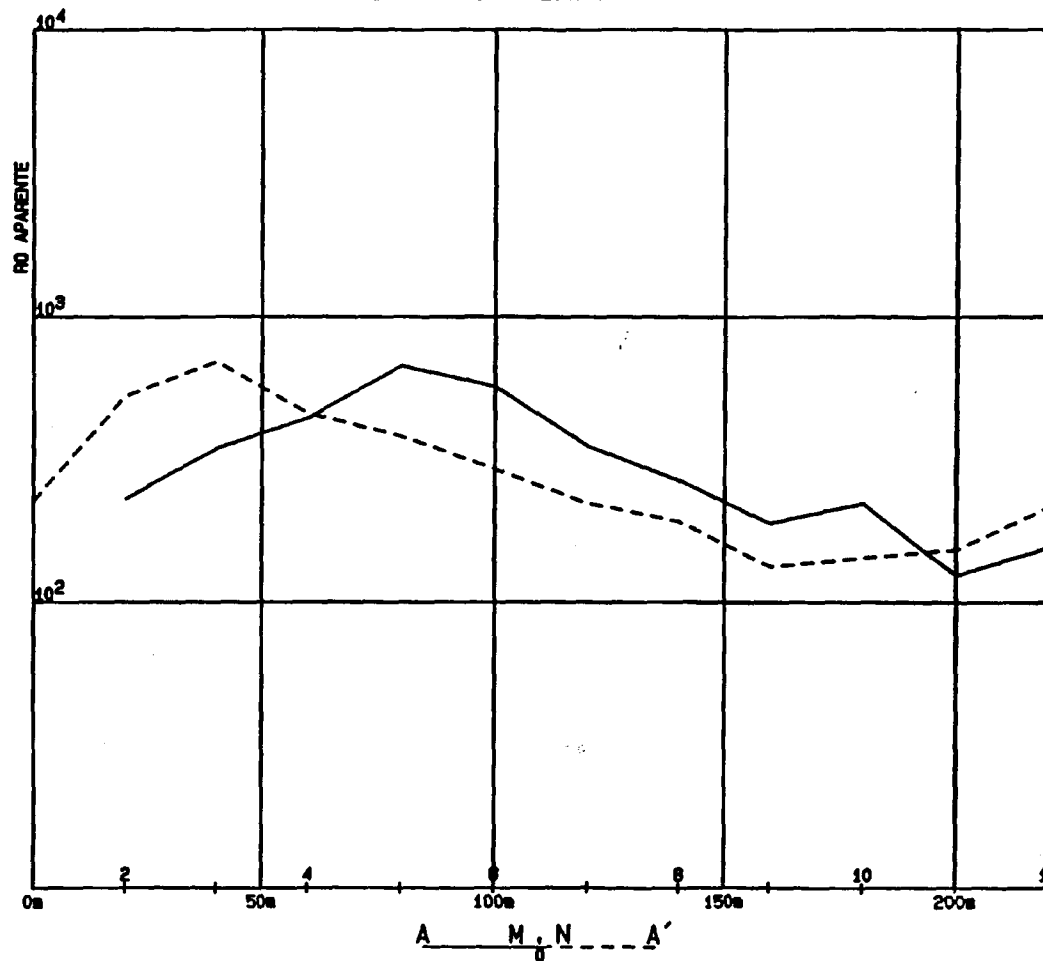
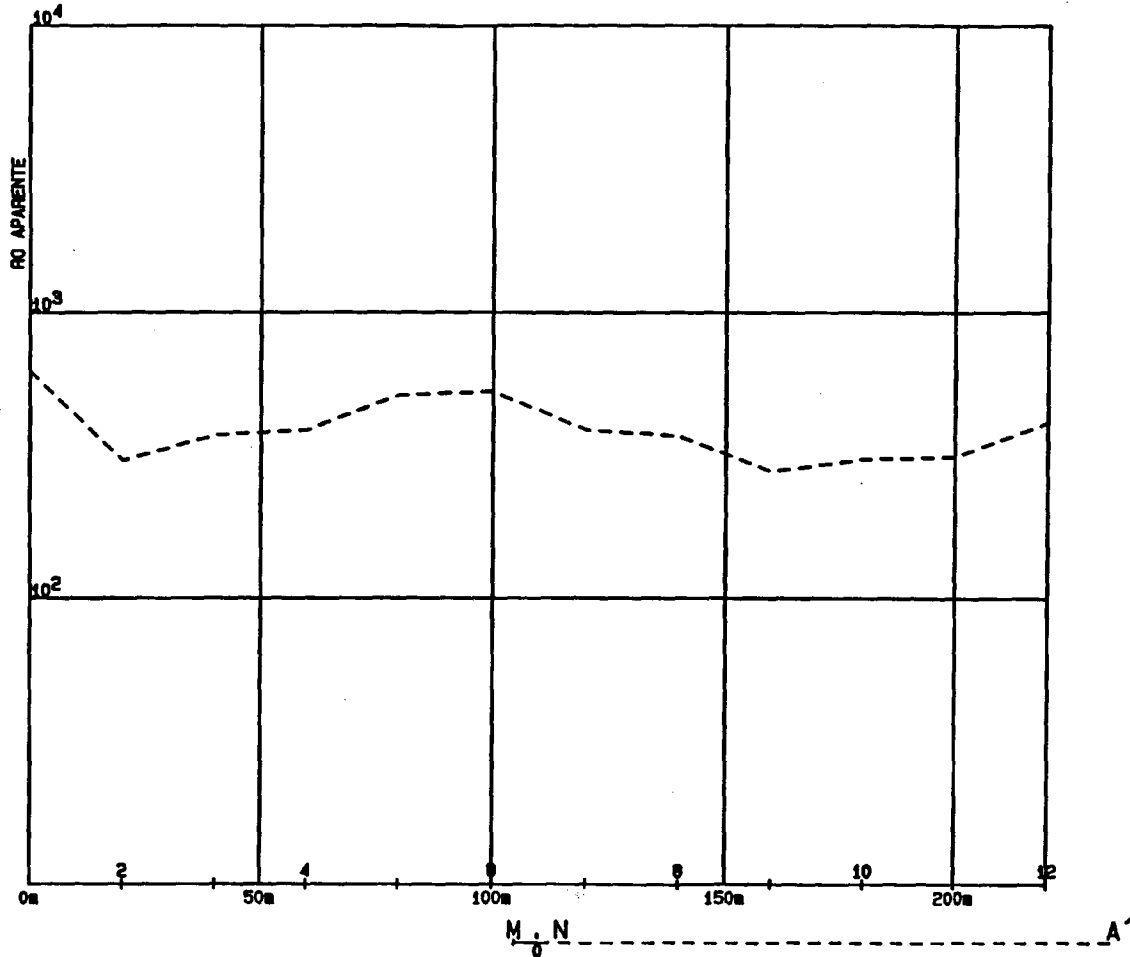


Gráfico 47

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA TRIELECTRODICA
ORENSE-PERFIL 1

NNE

SSW



IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
ORENSE-PERFIL 2

NNE

SSW

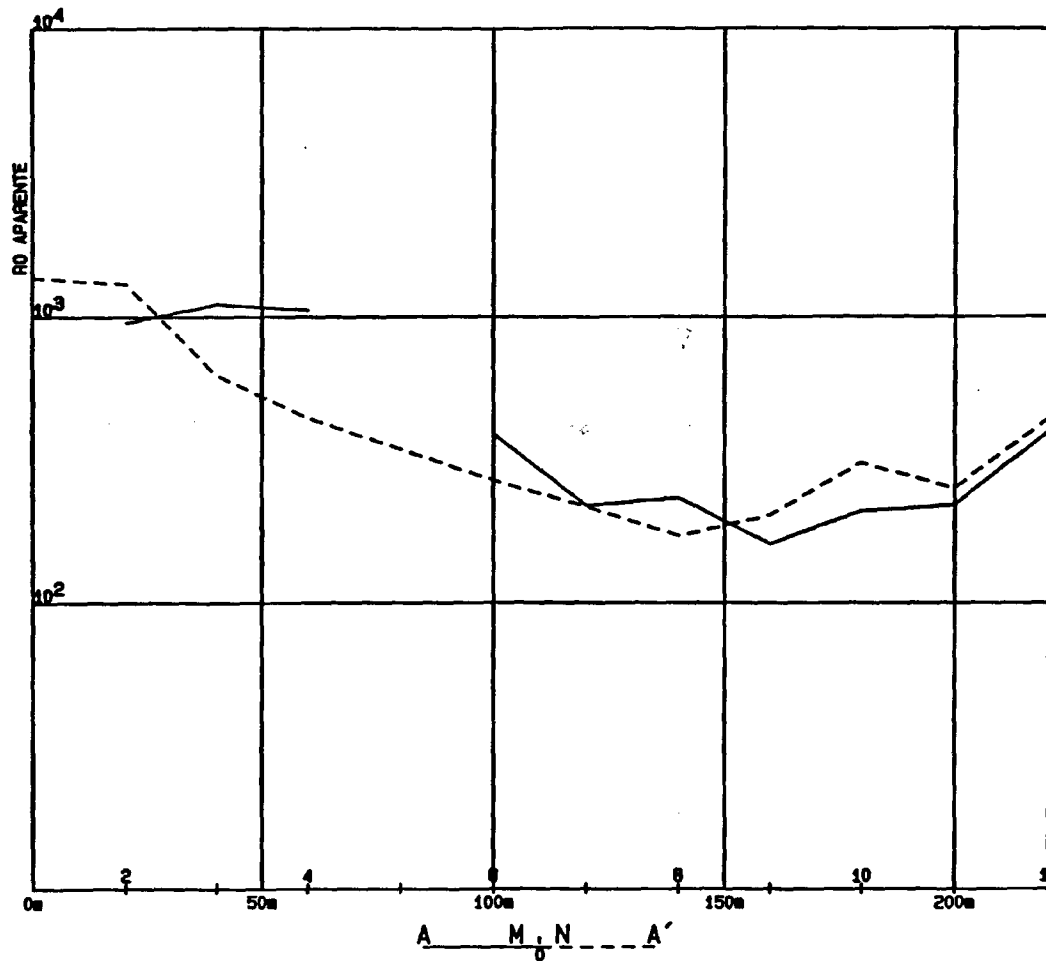


Gráfico 49

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA TRIELECTRODICA
ORENSE-PERFIL 2

NNE

SSW

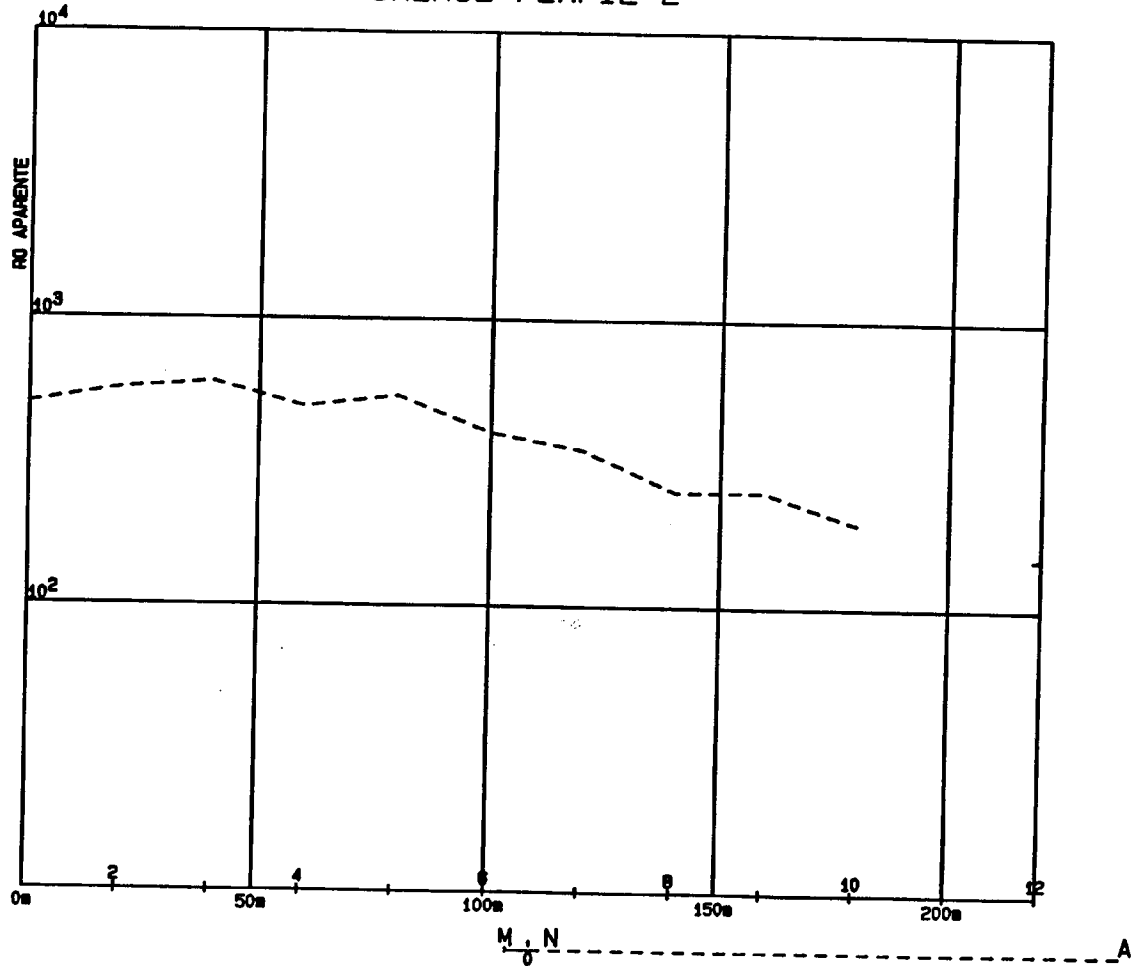


Gráfico 50

Perfil 3

La interpretación de las curvas correspondientes a este perfil es más confusa que en los anteriores, quizá debido a la presencia de mayor espesor de recubrimiento, pero en líneas generales se observan los mismos rasgos que en los anteriores, con el contacto a 70 m del origen. Gráficos 51 y 52.

Perfil 4

Este perfil y los siguientes se encuentran en un paraje diferente, a más de 300 m del anterior.

En este perfil, con el dispositivo corto, se observan dos cruces directos y uno (interpolado) inverso, situados a 35, 100 (aproximadamente) y 180 m del origen. Queda definido un bloque resistivo flanqueado por zonas menos resistivas. Los contactos correspondientes están situados a 63 y 128 m del origen respectivamente.

Suponemos que las zonas más resistivas corresponden a granito sano y las menos resistivas a granito alterado o fracturado, todo ello bajo el recubrimiento.

El dispositivo largo confirma los resultados anteriores y demuestra que la información obtenida se extiende, por lo menos, hasta 100 m de profundidad. Gráficos 53 y 54.

Perfil 5

En este perfil aparece un cruce directo y otro inverso, respectivamente a 29 y 88 m del origen, en el dispositivo corto.

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
ORENSE-PERFIL 3

NNE

SSW

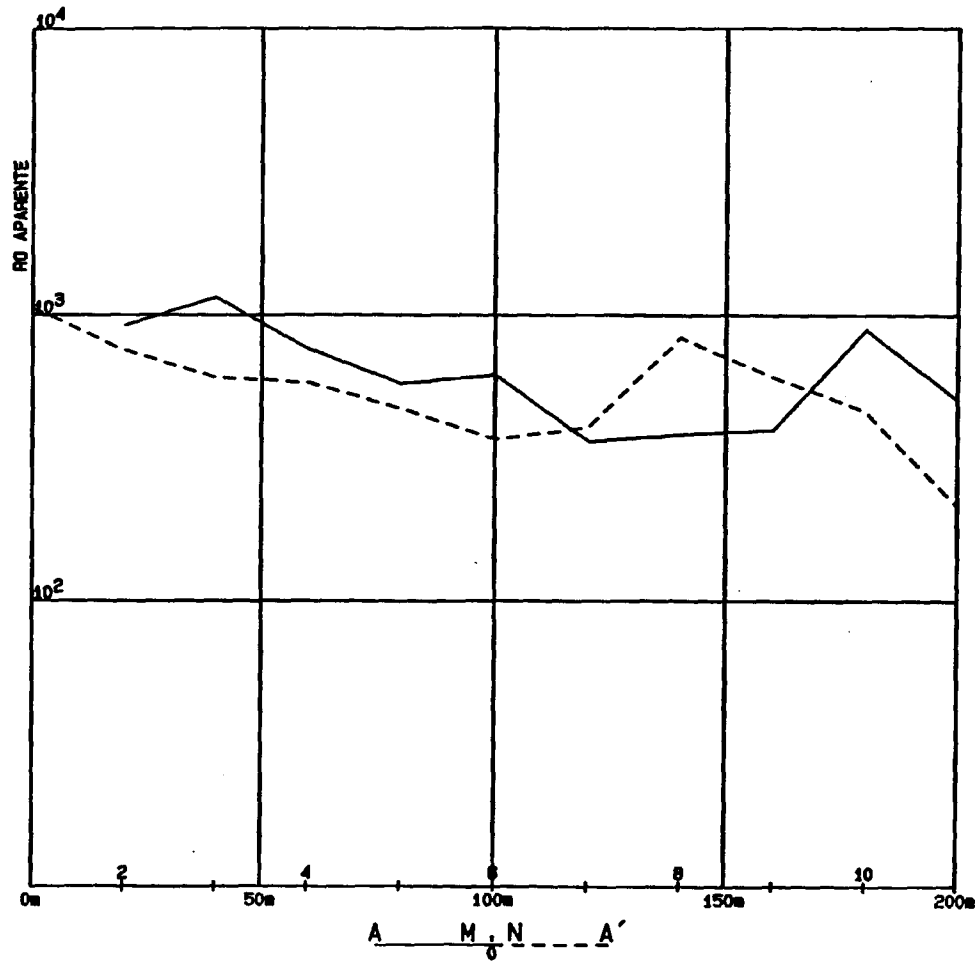


Gráfico 51

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA TRIELECTRODICA
ORENSE-PERFIL 3

NNE

SSW

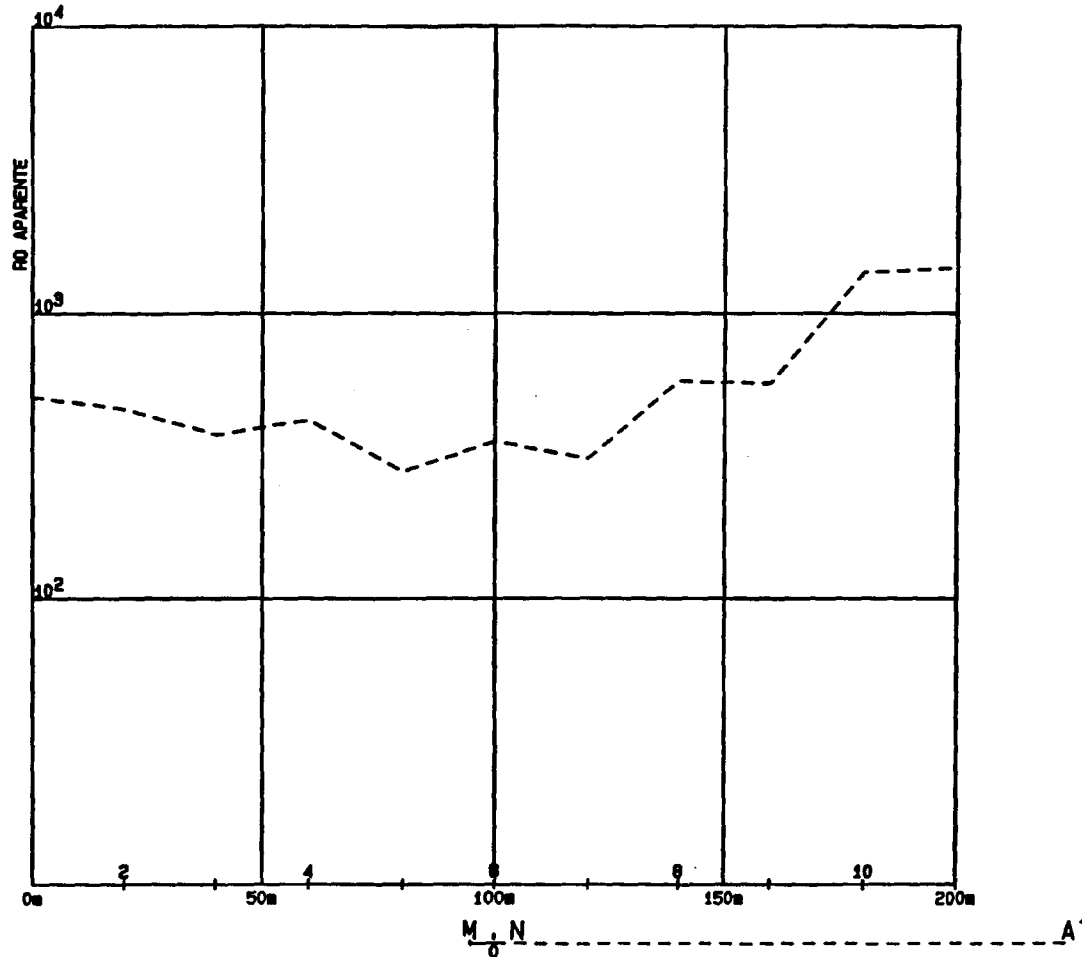


Gráfico 52

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
ORENSE-PERFIL 4

NNE

SSW

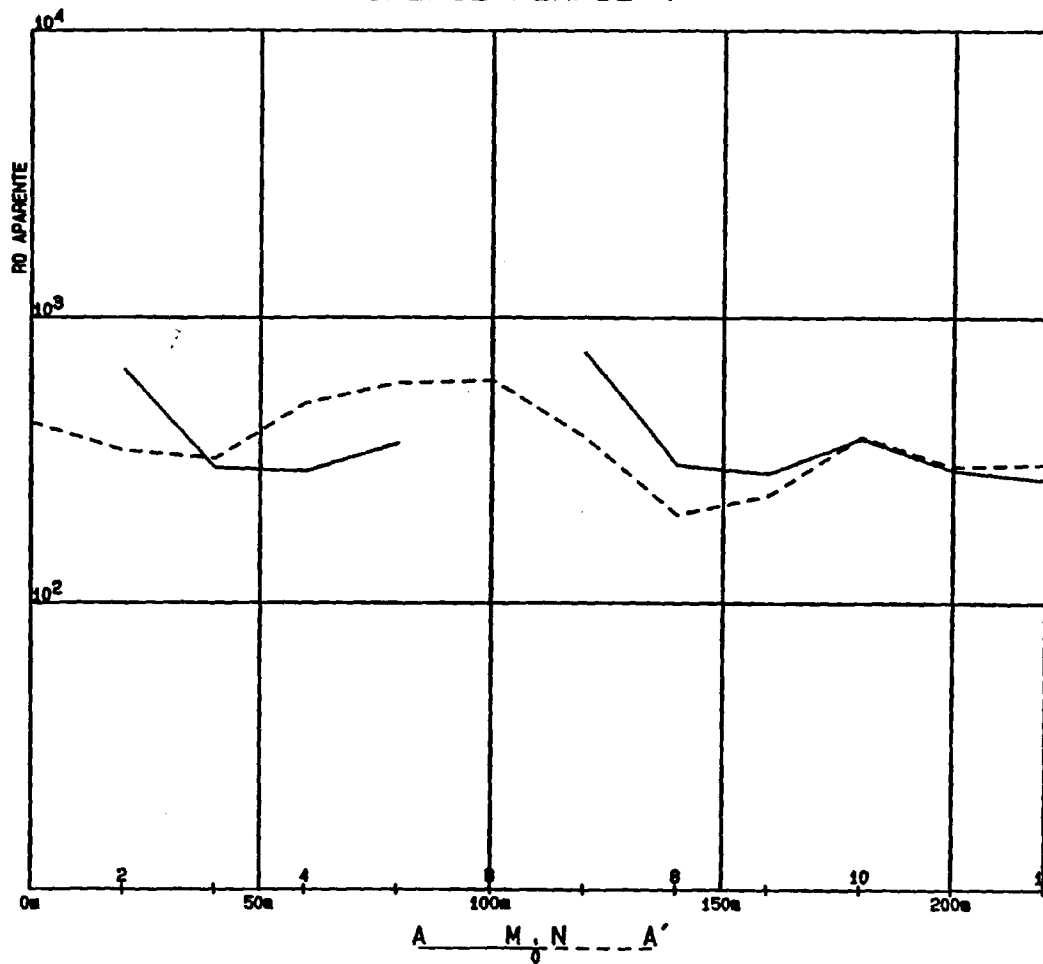


Gráfico 53

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA TRIELECTRODICA
ORENSE-PERFIL 4

NNE

SSW

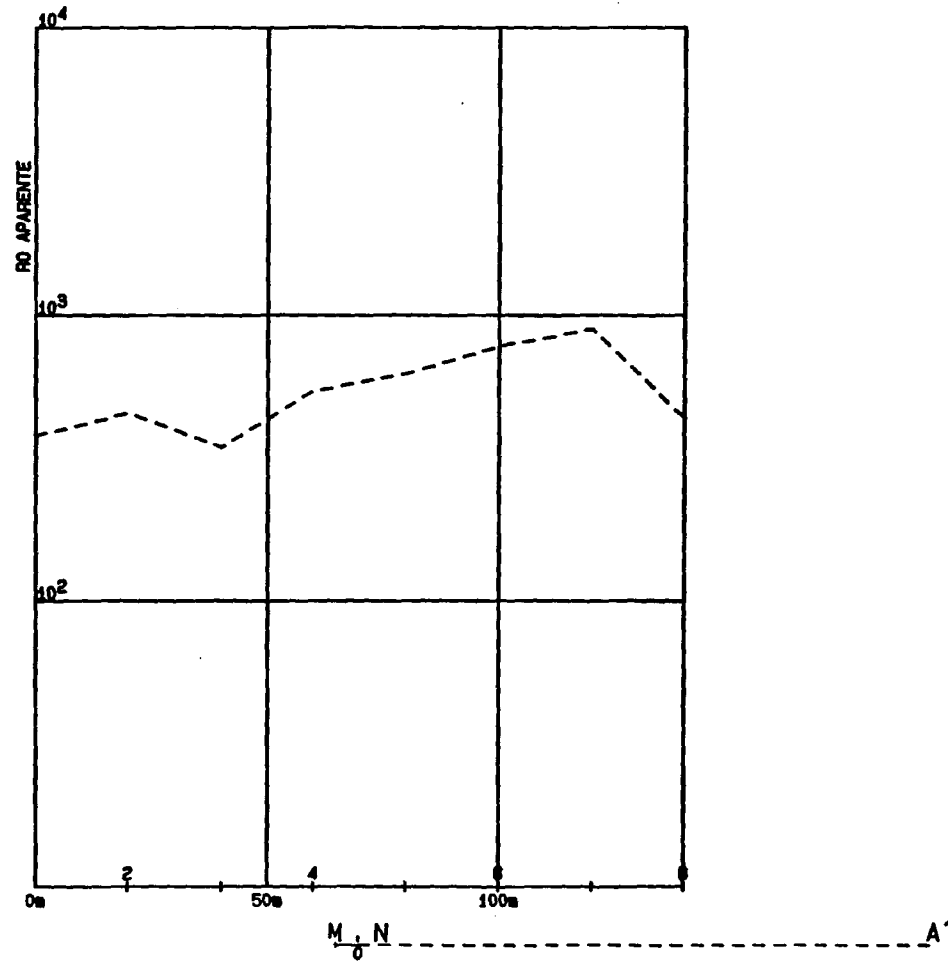


Gráfico 54

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
ORENSE-PERFIL 5

NNE

SSW

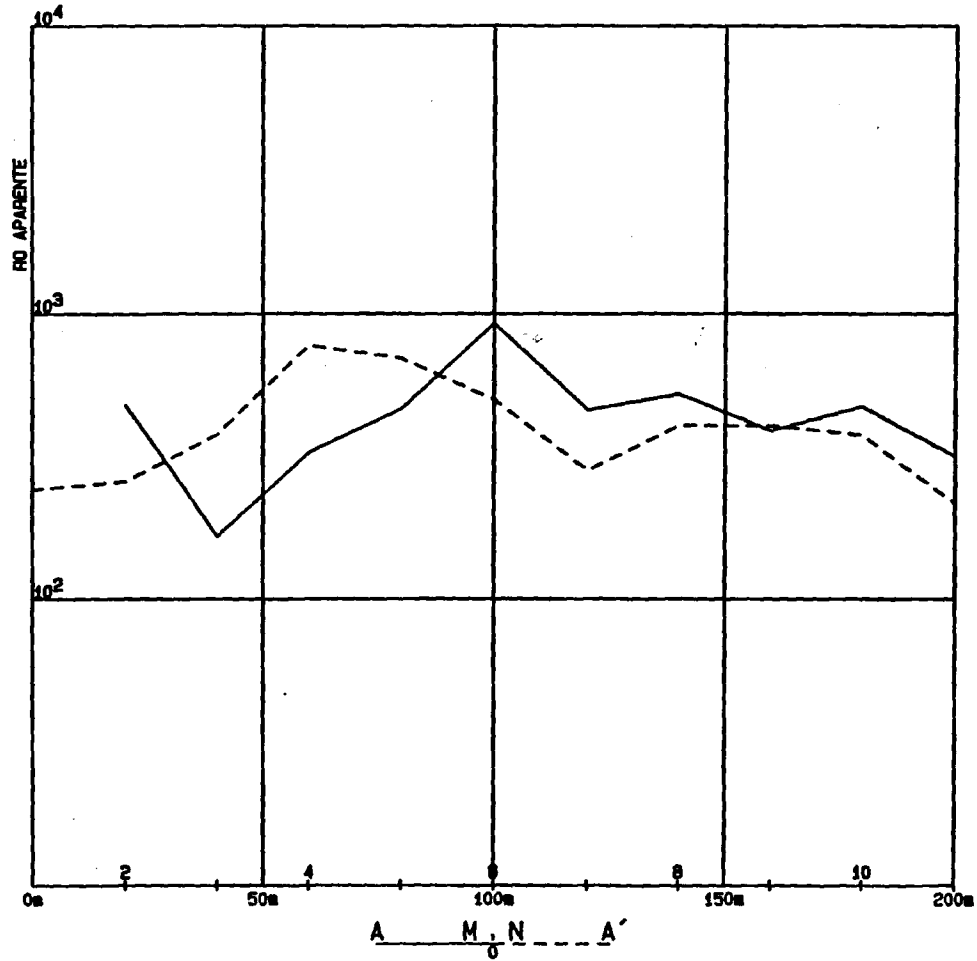


Gráfico 55

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA TRIELECTRODICA
ORENSE-PERFIL 5

NNE

SSW

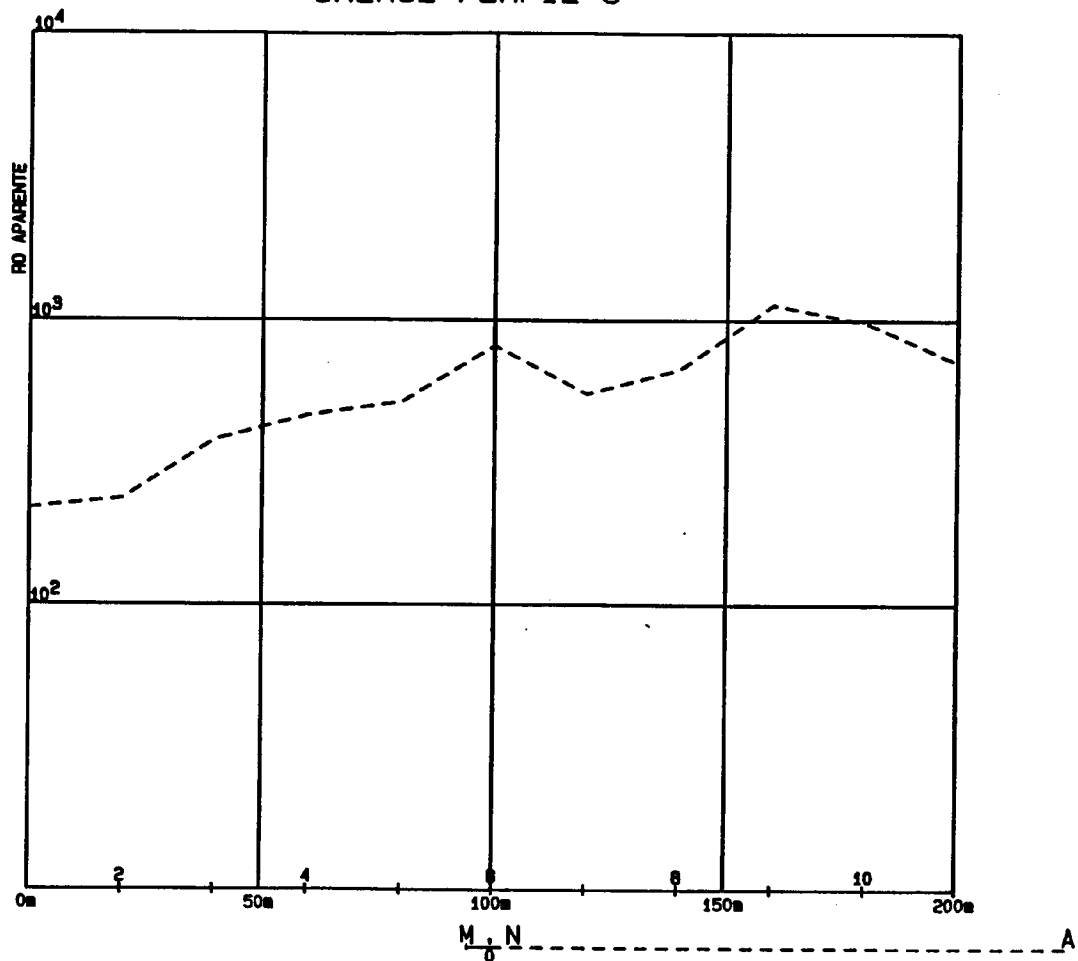


Gráfico 56

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
ORENSE-PERFIL 6

NNE

SSW

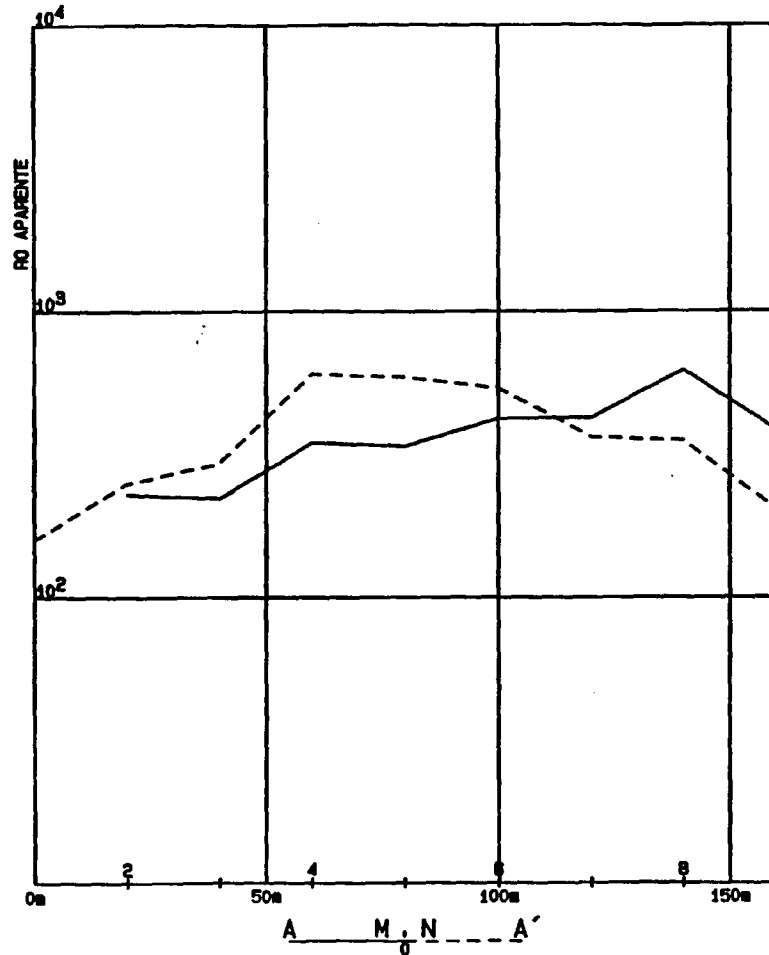


Gráfico 57

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA TRIELECTRODICA
ORENSE-PERFIL 6

NNE

SSW

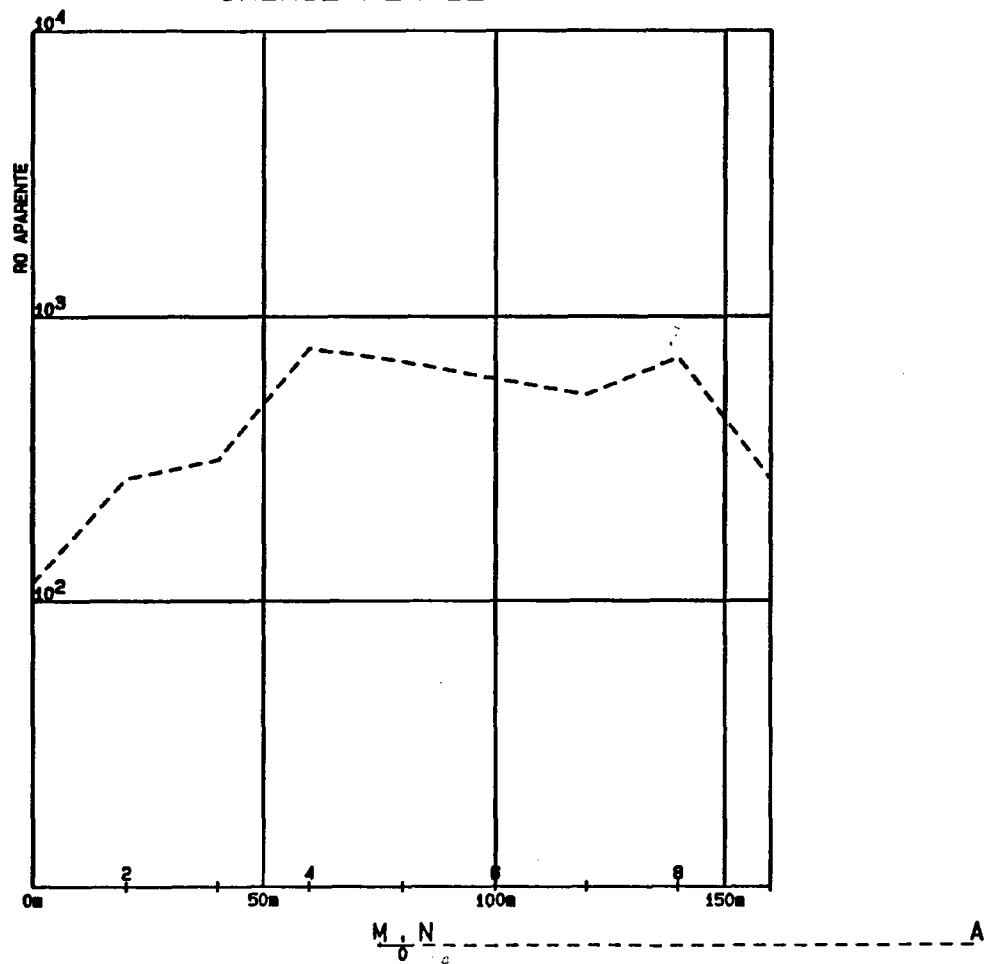


Gráfico 58

La interpretación es, como en el perfil anterior, de un bloque resistivo entre dos zonas relativamente más conductoras. Los contactos correspondientes se encuentran, aproximadamente, a 48 y 116 m del origen. Gráficos 55 y 56

La atribución geológica es análoga a la del perfil anterior.

Perfil 6

Aunque este perfil está separado del orden de 100 m de los anteriores y su rumbo es algo diferente, la interpretación es sustancialmente la misma, con un bloque resistivo central limitado por contactos situados a 52 y 145 m del origen, con la misma significación geológica que en los perfiles anteriores.

El bloque resistivo es aquí más ancho que en los perfiles anteriores, quizá porque la calicata lo corta oblicuamente. Gráficos 57 y 58

5.4.1.3.2. EMANOMETRIA Y RADIOMETRIA

Las mediciones emanométricas comprenden valores entre cero y 184 c.p.m. A diferencia de las otras zonas aquí aparece una neta diferenciación en dos regiones, una en que las lecturas son de pocos c.p.m. y otra donde los valores alcanzan decenas y aún centenas de c.p.m. Entre ambas existe una zona de transición con valores de 5 a 10 c.p.m. La zona de altos valores se concentra en el extremo norte de los perfiles, en las proximidades del río, aunque sólo en la mitad occidental de la zona estudiada. Para mejorar el conocimiento de esta zona de altos valores, se observó una serie de estaciones for--

mando un perfil paralelo a la orilla del río y lo más próximo a él posible, el cual enlazaba los demás perfiles. Es interesante señalar que esta zona de valores altos está situado en la zona de baja resistividad detectada por las calicatas eléctricas.

En cuanto a la radiometría, sobre valores de fondo que se pueden estimar en 100-200 c.p.s., destaca una zona en el norte de los perfiles donde los valores superan los 150 c.p.s. y llegan localmente a 220 c.p.s. Esta zona coincide a grandes rasgos con la anomalía emanométrica, si bien se prolonga hacia el este hasta el extremo de la zona estudiada. Esta prolongación podría corresponder a la presencia de granitos sanos indicada por las calicatas eléctricas.

Esta doble anomalía emanométrica y radiométrica podría corresponder a una falla o zona de fractura.

5.4.2. ZONA 2

5.4.2.1. TRABAJO DE CAMPO

En esta zona no se efectuaron mediciones eléctricas dada la abundancia de edificios y otros obstáculos.

Se trabajó únicamente con radiometría y emanometría sobre cuatro perfiles, sensiblemente normales al río Miño, con 20 m de separación entre ellos y entre estaciones, con una longitud media de 200 m y un total de 35 estaciones. La presencia de agua freática casi aflorante impidió la ejecución de algunas otras estaciones. Plano n°28.

5.4.2.2. REPRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Se ha hecho de forma análoga a las zonas anteriores. No se han trazado isolíneas, solamente se han señalado las zonas anómalas. Planos número 32 y 33.

5.4.2.3. INTERPRETACION Y RESULTADOS

5.4.2.3.1. EMANOMETRIA Y RADIOMETRIA

La campaña emanométrica señala una zona de valores anómalos, más de 10 c.p.m., junto al río Miño, la cual coincide con valores superiores a 175 c.p.s.

5.4.3. CONCLUSIONES

5.4.3.1. CALICATAS

Los perfiles 1,2 y 3 delimitan un contacto entre una zona de resistividad alta y otra de resistividad menor. Este contacto es aproximadamente paralelo al río y la zona más resistiva es la próxima a él.

Los perfiles 4,5 y 6 encuentran una zona resistiva entre dos más conductoras. También aquí los contactos son más o menos paralelos al río.

Las zonas resistivas se interpretan como correspondientes a granito sano y las menos resistivas al granito fracturado ó alterado, todo ello bajo el recubrimiento cuaternario.

5.4.3.2. EMANOMETRIA Y RADIOMETRIA

Se detectan claramente zonas anómalas, tanto en emanometría como en radiometría, en las proximidades del Río Miño, - si bien no en toda la zona estudiada. Estas zonas anómalas parecen indicar la presencia de una zona de fracturación por la cual corre el río.

También se observa una correspondencia entre los resultados de las calicatas eléctricas y los datos emanométricos.

5.5. BALNEARIO DE PARTOVIA

5.5.1. TRABAJO DE CAMPO

En esta zona se efectuaron mediciones de cuerpo cargado, calicatas, emanometría y cuerpo cargado con medición magnetométrica.

Para el cuerpo cargado se tomó como punto de carga la fuente termal del Balneario. La finalidad era averiguar la dirección de la fractura por donde llegan las aguas. Las mediciones se efectuaron por medio de un equipo "Bodensee Geosystem" ya descrito anteriormente. Dichas mediciones se efectuaron por el sistema de gradientes, sobre 11 perfiles dispuestos en dos sistemas paralelos, ortogonales entre sí, de modo que rodearan la fuente. La longitud de cada uno de los perfiles es de 280 m, lo que totaliza 3.080 m de línea de medición, con paso de 20 m. Sobre las mismas estaciones se realizaron medidas magnetométricas antes y durante la introducción de corriente en el terreno.

Las calicatas fueron del tipo trielectrónico o combinado con dispositivo A120M20N120A'. Se efectuaron sobre los perfiles 2,5 y 8 del cuerpo cargado y en las mismas estaciones.

También se efectuaron mediciones emanométricas sobre 12 perfiles, separados 20 y 15 m, siendo los más próximos los realizados en los alrededores del edificio del Balneario. Las estaciones están separadas 25 m. Plano de situación n°32.

5.5.2. REPRESENTACION DE LOS RESULTADOS

Los valores obtenidos con el método del cuerpo cargado se han representado en los gráficos adjuntos (P₁ al P₁₁) y reflejan las caídas de potencial leídas, reducidas a la intensidad de 1A y multiplicadas por un factor de distancia. Este factor tiene por objeto el poder representar todas las curvas a la misma escala.

Las calicatas se han dibujado tal como se ha descrito anteriormente.

En cuanto a los valores obtenidos con el magnetómetro, no se han podido representar, por no haber diferencia apreciable entre las lecturas anteriores y durante la introducción de corriente en el terreno.

Los resultados obtenidos por la interpretación se han plasmado en los planos números 35 y 36, semejantes a los de las otras zonas. Al no existir prácticamente anomalías en las mediciones emanométricas no se han podido dibujar isolíneas.

5.5.3. INTERPRETACION Y RESULTADOS

5.5.3.1. CALICATAS

Los perfiles 2 y 5 se caracterizan por la presencia de un escalón en las resistividades, que pasa de valores próximos a 300 ohmios.m a otros cercanos a 1.000 ohmios.m. Corresponde a una anomalía de contacto, con posible buzamiento de componente NE. La línea que une la situación del contacto en ambos perfiles tiene rumbo ligeramente convergente con la dirección estimada para la fractura por el método del cuerpo cargado. Gráficos 59 y 60.

El perfil 8, según lo expuesto mas arriba, estaría todo él en una zona resistiva, sin embargo la resistividad media oscila alrededor de los 300 ohmios.m. Esto es debido a que en él influye toda la zona más conductora situada al SO que hace bajar la resistividad aparente. Por otra parte dos zonas más resistivas situadas entre 88 y 132 m, y, 227 y 280 m del origen respectivamente. Gráfico 61.

5.5.3.2. CUERPO CARGADO

Se deben considerar en primer lugar los perfiles 1,4,7 y 10 ya que son los más próximos al punto de carga al que rodean. En los perfiles 7 y 10 el punto de gradiente nulo (máximo de potencial) se encuentra en los puntos de distancia mínima al perfil, no hay pues en ellos ninguna concentración de corriente que señale la traza de una fractura en comunicación con la fuente.

En cambio, en los perfiles 4 y 1, sobre todo en el último, los puntos de gradiente nulo no coinciden con los de dis-

IBERGESA

CALICATA ELECTRICA COMBINADA

SO BALNEARIO DE PARTOVIA-PERFIL 2-C.C. NE

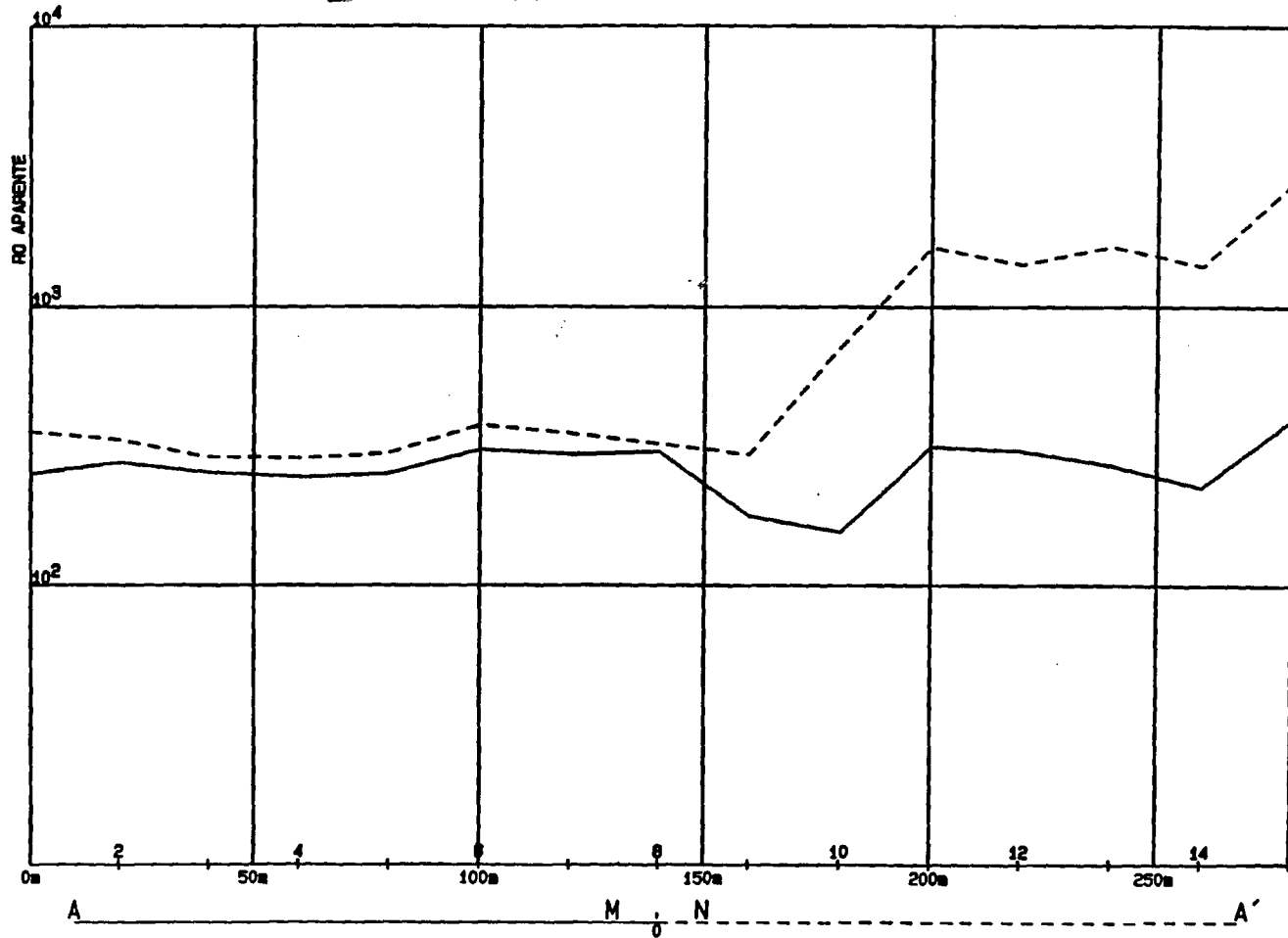


Gráfico 59

IBERGEŞA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
SO BALNEARIO DE PARTOVIA - PERFIL 5-C.C.

NE

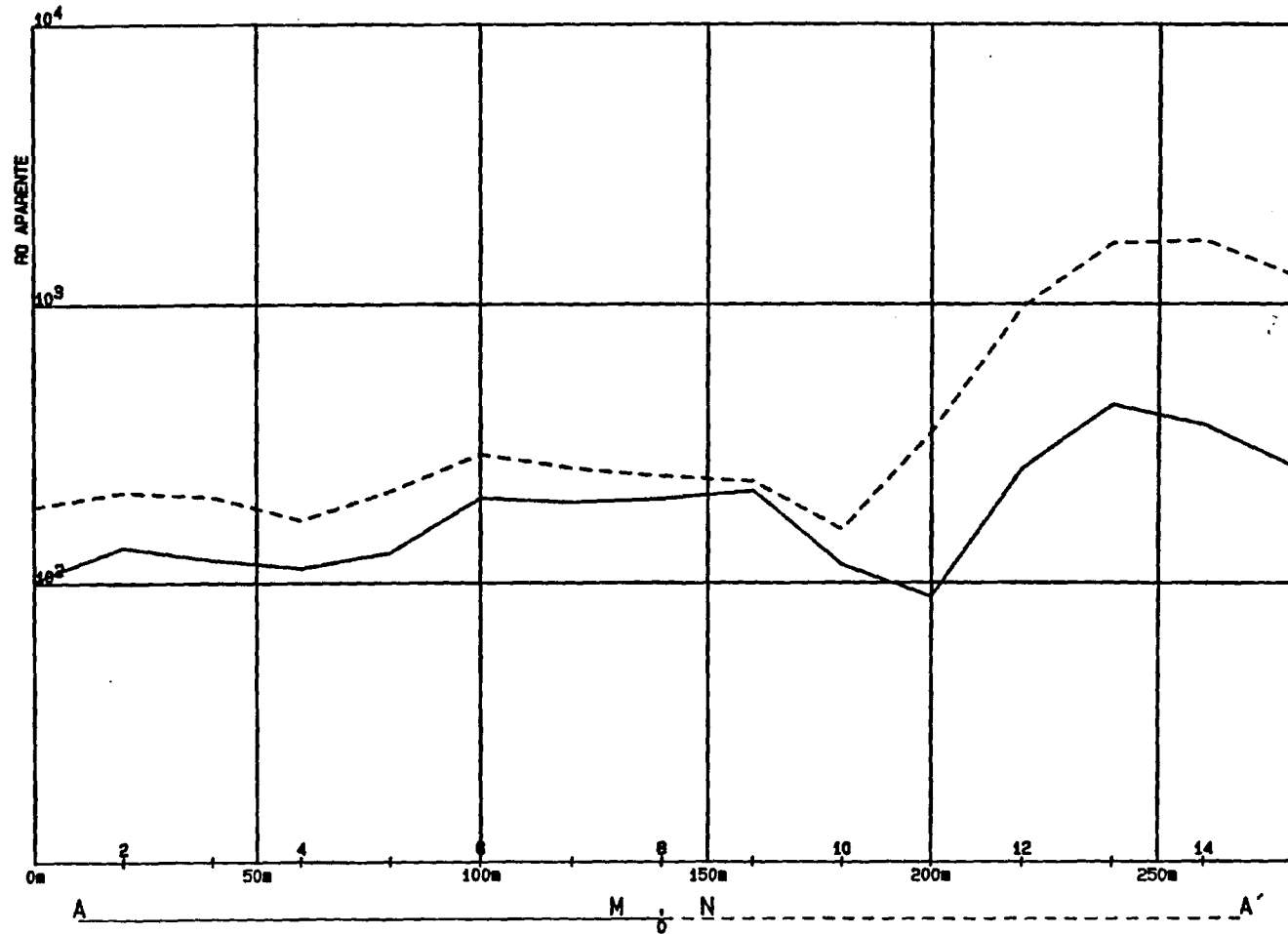


Gráfico 60

IBERGESA
CALICATA ELECTRICA COMBINADA
ORENSE-PERFIL 8-C.C.

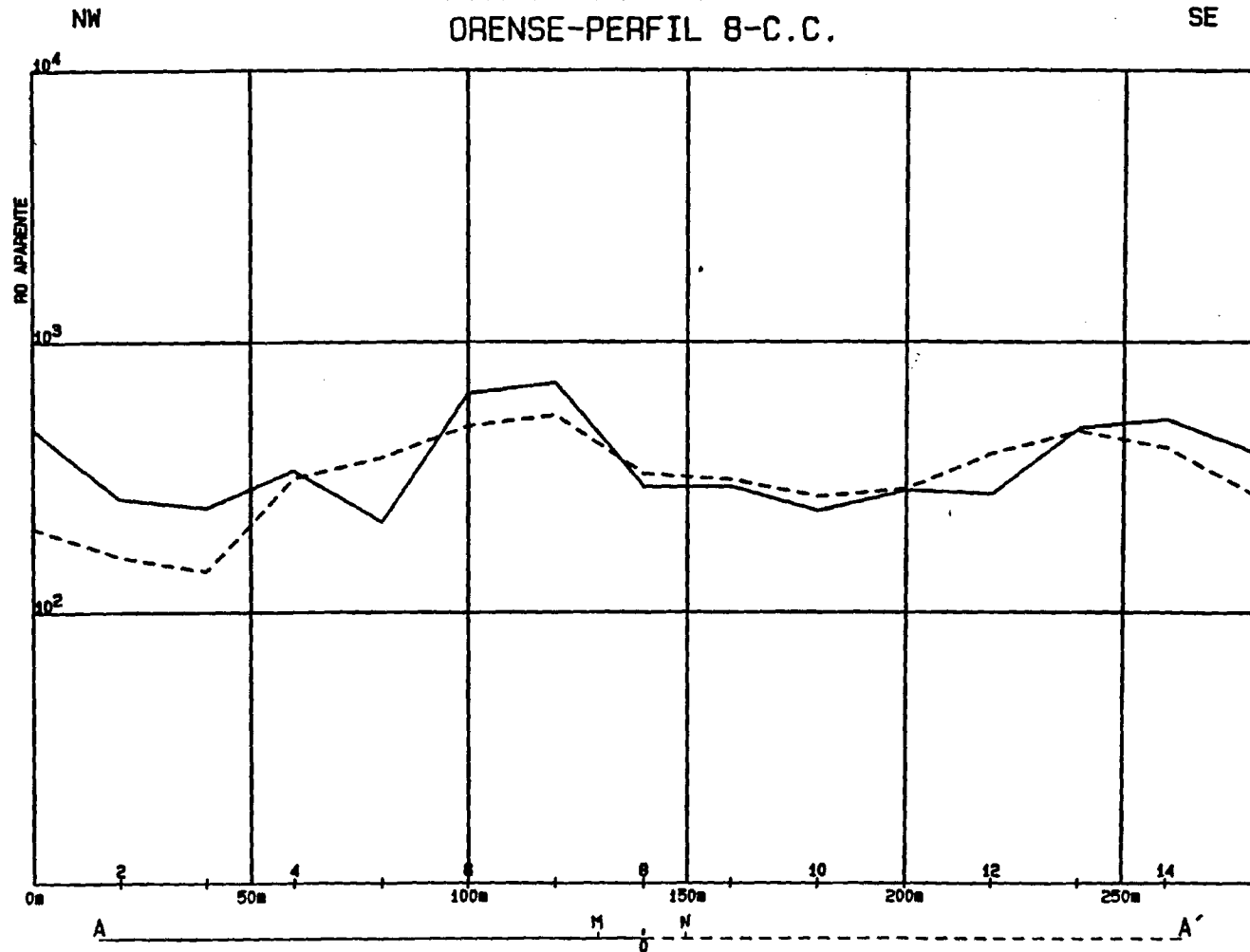
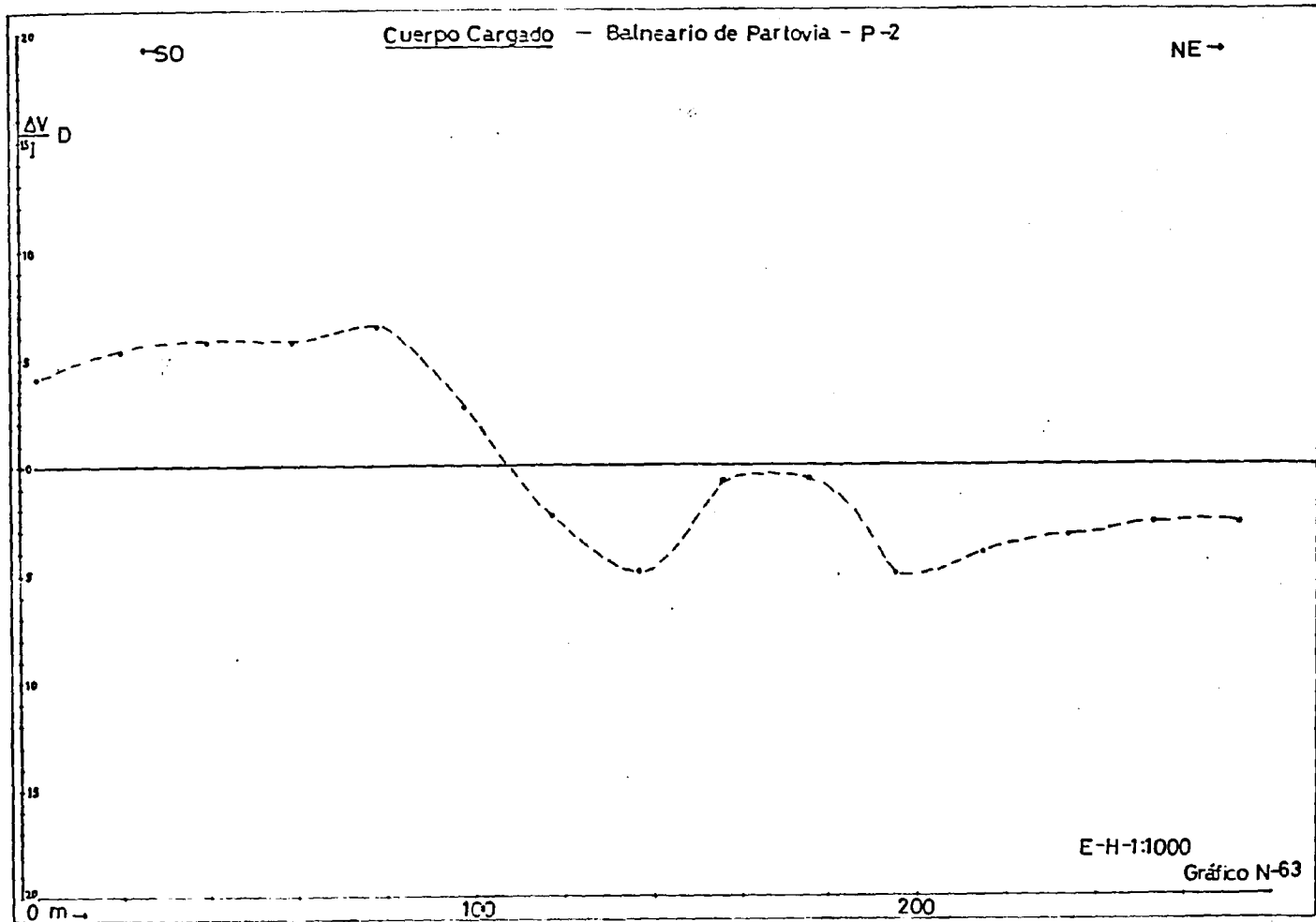
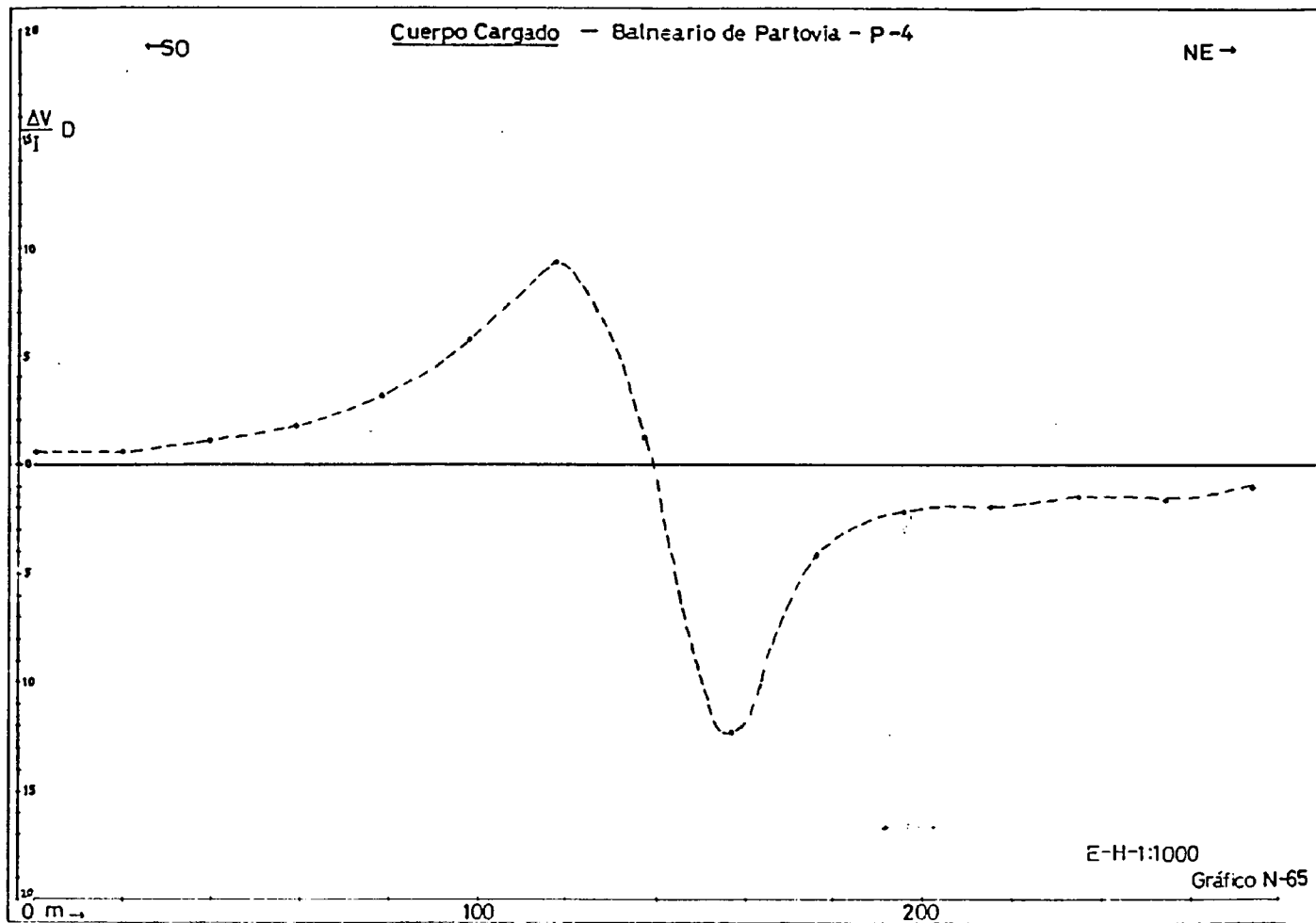
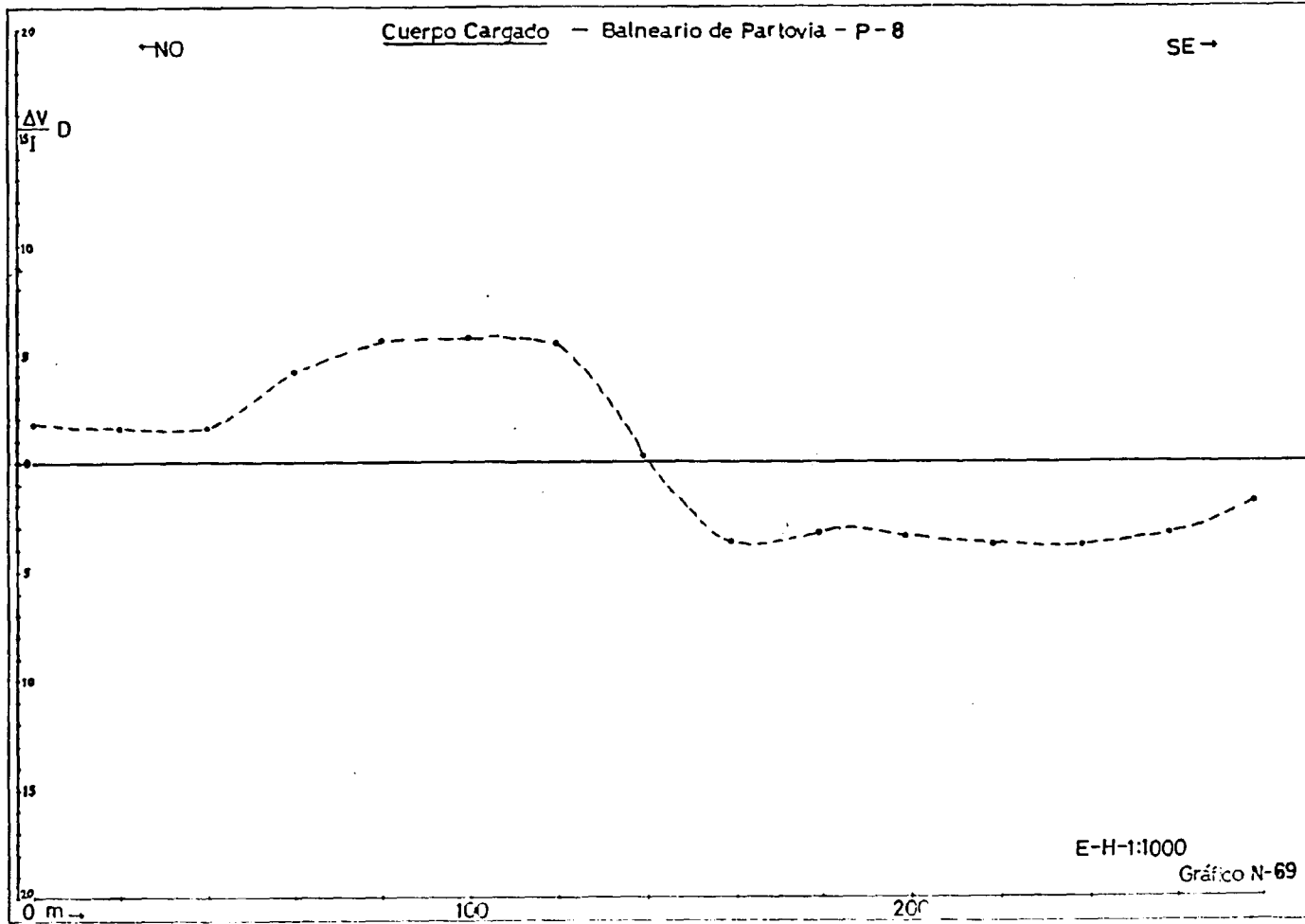
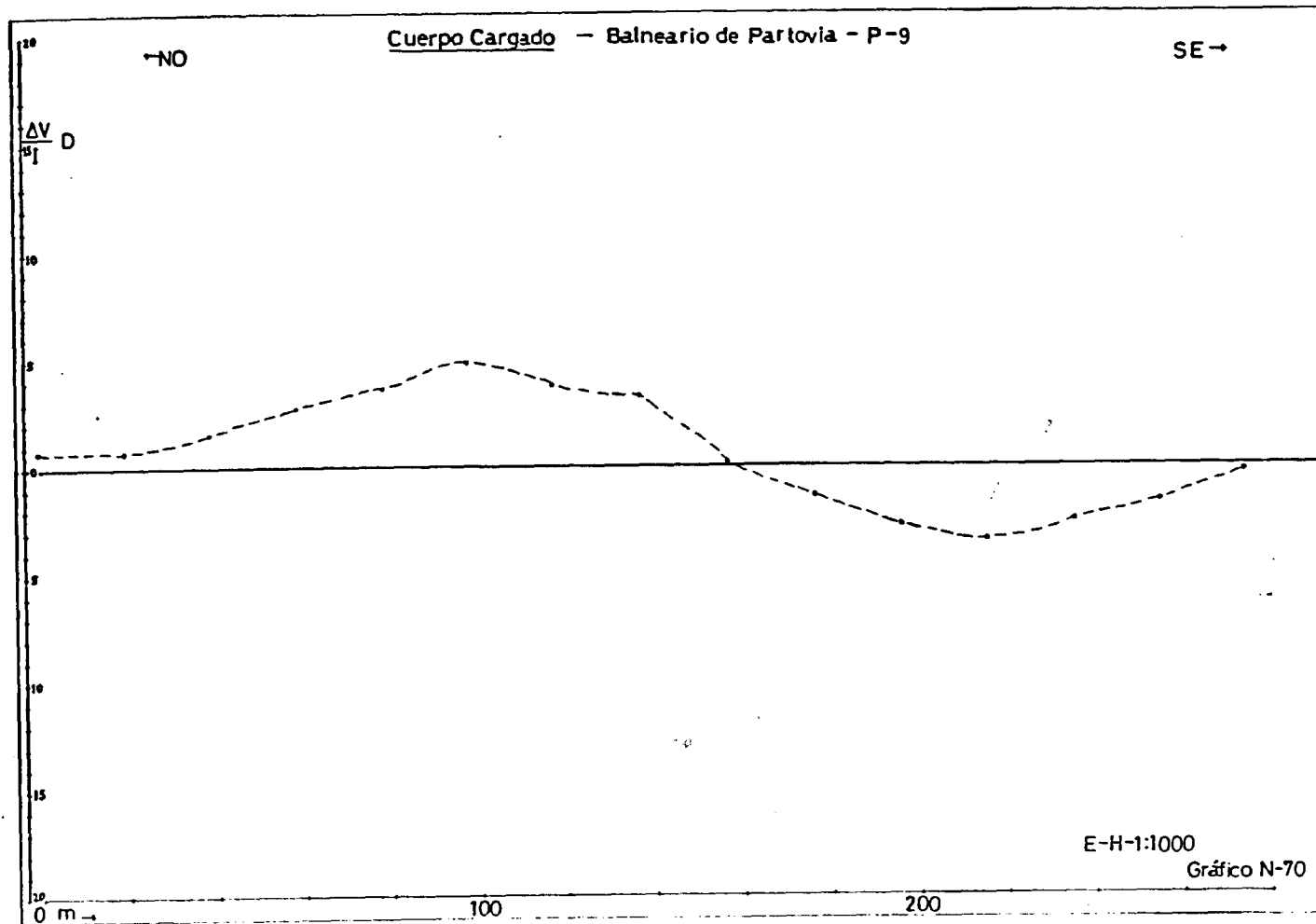


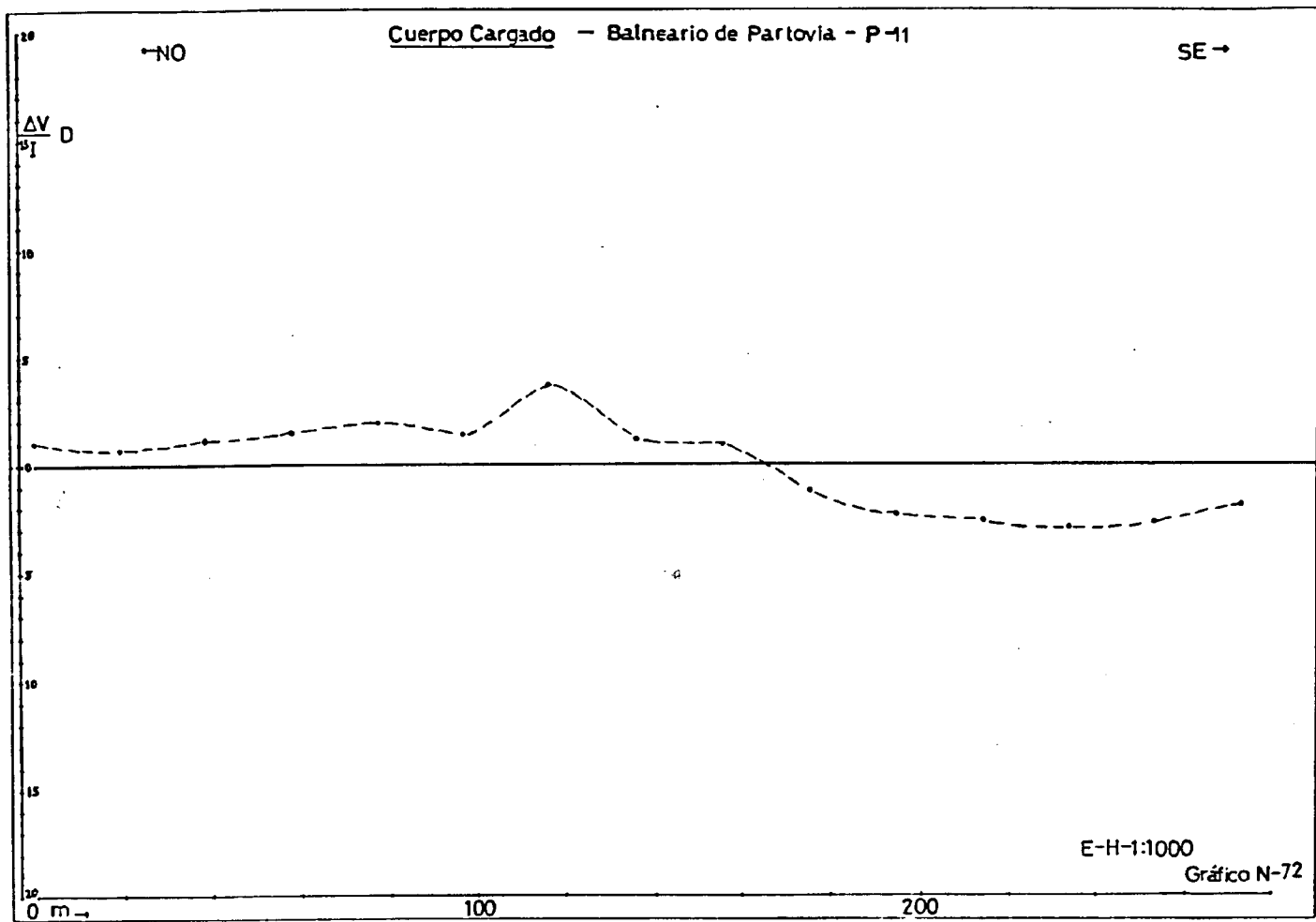
Gráfico 61











tancia mínima, y quedan alineados con los puntos homólogos de los perfiles 2,3,5 y 6, determinando una dirección N335°E ó - N250°O que será la de la fractura, ya que corresponde a la línea de potencial máximo y por lo tanto a la mayor continuidad eléctrica con la fuente. Gráficos 62 al 72.

5.5.3.3. CUERPO CARGADO CON MEDICION MAGNETICA

Este método no ha dado ningún resultado positivo debido a que la intensidad de corriente empleada era insuficiente para producir un campo magnético adicional diferenciable respecto al terrestre.

5.5.3.4. EMANOMETRIA

Según se ve claramente, analizando los valores obtenidos, no se ha detectado ninguna zona anómala.

Es posible que al estar el nivel freático muy superficial, el agua actúe como pantalla dando lugar a que las emanaciones radiactivas lleguen en muy pequeña proporción a la superficie.

5.5.4. CONCLUSIONES

5.5.4.1. CALICATAS

Los perfiles 2 y 5 han puesto de manifiesto, la existencia de dos zonas de resistividad bien diferenciada. La más re

sistiva al NE y las más conductora al SO. El contacto entre ellas es ligeramente convergente con la anomalía principal del cuerpo cargado y separado de ella unos 38 m a la altura del Balneario hacia el NE.

El perfil 8 es menos claro por estar perturbado por la zona más conductora del SO.

Pensamos que la zona más resistiva corresponde a granito sano y la relativamente más conductora a granito fracturado o alterado.

En este caso no podemos estimar la profundidad del estudio por no disponer de datos de otro dispositivo más corto o más largo.

5.5.4.2. CUERPO CARGADO

Este método ha permitido detectar la zona de circulación de aguas termales, al presentar los puntos de gradiente cero, una alineación que nos permite pensar en esta conclusión. La dirección de esta línea es de N335°E.

5.5.4.3. EMANOMETRIA Y MAGNETOMETRIA

Como se ha indicado anteriormente, ninguna conclusión se puede sacar de la aplicación de estos métodos.

5.6. CONCLUSIONES SOBRE LOS METODOS GEOFISICOS ENSAYADOS

Las consecuencias que deducimos sobre los diversos métodos geofísicos ensayados son las siguientes:

a) Método del cuerpo cargado

Ensayado en Partovia. Sus resultados son excelentes, puesto que se detecta con claridad una línea de máxima conductividad que coincide con la fractura que parece alimentar las fuentes del Balneario.

En conclusión este método puede utilizarse para localizar las fracturas que alimentan fuentes termales, siempre que pueda colocarse en ellas el punto de carga, y las condiciones topográficas y de ruidos eléctricos no sean desfavorables.

b) Calicatas eléctricas

Se han ensayado en Partovia, Baños de Molgas y Orense. En las dos primeras zonas se utilizaron equipos del tipo usual.

En la última se empleó un equipo alemán con dispositivo especial contra las perturbaciones eléctricas.

El resultado de las pruebas es que las calicatas eléctricas suministran información útil detectando contactos y zonas de baja resistividad posiblemente relacionadas con zonas graníticas fracturadas.

c) Radiometría y Emanometría

La aplicación del método emanométrico en Galicia ha encontrado dificultades debido a la escasísima profundidad del nivel freático.

Los resultados obtenidos han sido poco claros en Partovia y Baños de Molgas y aparentemente positivos y esperanzadores en Orense.

Como era de esperar la radiometría a confirmado, por lo general, los resultados de la emanometría, pero son menos claros que los emanométricos.

Otra conclusión es que en futuros trabajos los métodos radiactivos deben aplicarse con menos densidad pero en zonas más amplias, detallando ulteriormente las zonas anómalas.

d) Cuerpo cargado con mediciones magnetométricas

Se ha comprobado que la aplicación de este método requeriría intensidades de corriente eléctrica muy superiores a 200 m o bien el empleo de magnetómetros sensibles a fracción de gamma.

6. MODELO TERMICO

6.1. INTRODUCCION

Para conocer la distribución de la isoterma provocadas por la existencia de un cuerpo caliente asociado a una fractura, se ha realizado un modelo térmico.

En primer lugar se hizo un modelo en régimen transitorio, para conocer el tiempo necesario para alcanzar el estacionario. - Para ello, se dieron una serie de pasadas en la que la duración del tiempo era de 10.000. Se observó que en la 11^a pasada, las temperaturas finales en cada celda eran iguales a las iniciales, - por lo que el tiempo necesario para alcanzar el régimen estacionario es de unos 110.000 años.

Posteriormente se han realizado una serie de modelos en régimen estacionario en las que las condiciones de contorno han sido las siguientes:

- Temperatura de la superficie del terreno 15°C.
- Temperatura en profundidad 135°C.
- Temperatura de la fractura dos opciones:

Opción A - Los 50 primeros m 70°C y desde aquí y en profundidad 135°C (Foco convectivo)

Opción B - Los 50 primeros m 70°C y desde aquí y en profundidad un aumento constante -- hasta alcanzar los 135°C (Foco conductivo).

Tanto en las opciones A y B se utilizaron cuatro valores de gradiente: $0,12^{\circ}\text{C}/\text{m}$, $0,06^{\circ}\text{C}/\text{m}$, $0,04^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y $0,03^{\circ}\text{C}$. Por lo tanto se han realizado 8 modelos. En cada uno de estos modelos, se ha realizado una ampliación del tamaño de la celda en los primeros metros con el fin de que se pueda observar con toda claridad la distribución de las isoterms.

Con estos modelos se está en condiciones de plantear una malla termométrica, con dos objetivos.

- Medidas del gradiente geotérmico, para la estimación del flujo calorífico de la zona.
- Sondeos con medidas de gradiente en la zona de influencia del cuerpo caliente, fractura, para estimar a que tipo de hipótesis responde el almacén geotérmico.

Para realizar el primer objetivo será necesario alejarse de la zona de influencia del cuerpo caliente, en nuestro caso -- aproximadamente unos 1.000 m. En el segundo, será dentro del entorno más cercano a la fractura, menos de 1.000 m.

6.2. BASES TEORICAS DEL MODELO TERMICO

La transición del calor por conducción en un cuerpo, - una vez alcanzado el estado estacionario se rige por la ecuación de Laplace:

$$\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} = 0$$

para un sólido tridimensional (x, y, z).

En nuestro caso supondremos una sección vertical del terreno que corte perpendicularmente a la fractura que actúa como foco, de tal manera que habrá que estudiar la transmisión de calor a lo largo de una superficie en la que un borde actúa como aportador de calor (la fractura), otro como superficie radiante (la superficie del suelo) y que consideraremos homogénea y de extensión infinita.

El problema pues consiste en hallar una función --
 $T = T (X,Y)$ que nos dará la temperatura de un punto de coordenadas
 (X,Y) en estado estacionario y que cumpla las condiciones siguientes:

a) Satisfaga la ecuación de Laplace

$$\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} = 0$$

b) Satisfaga las dos condiciones de contorno impuestas.

b-1) Distribución de temperaturas a lo largo del borde -
 fractura deseada.

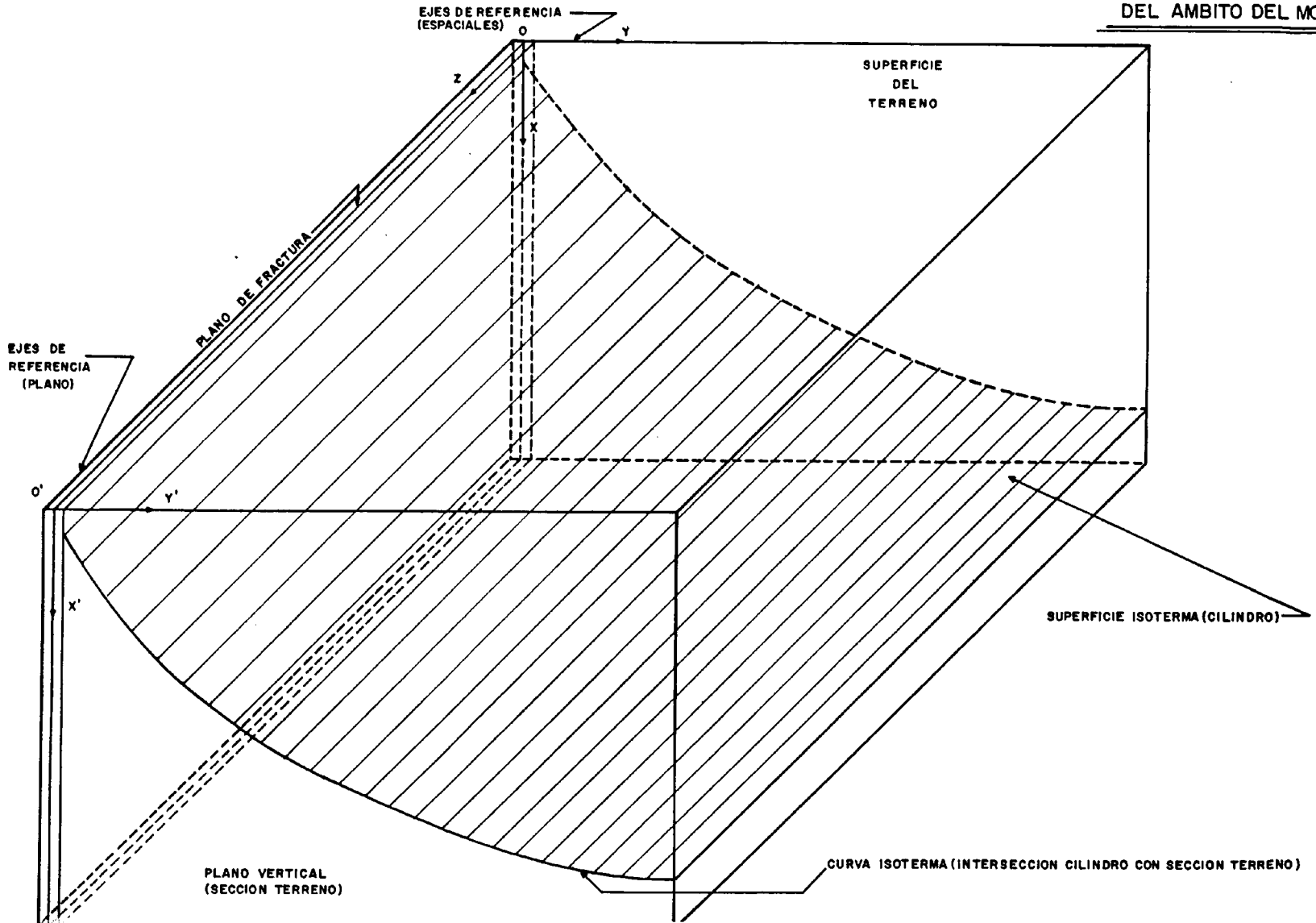
$$T (X,0) = f (X)$$

b-2) Temperatura constante en el borde de radiación --
 (suelo).

$$T (0,y) = T_0$$

La distribución de ejes considerada es la que se muestra en la (figura 73) donde se han considerado el eje X con su sentido positivo hacia abajo y el eje y con su sentido positivo hacia la derecha. Se ha eliminado intencionadamente la parte de terreno existente a la izquierda de la fractura (zona de las Y negativas) ya que al tratarse de un medio homogéneo se obtendrían curvas que serían simétricas respecto a la fractura (eje X) y asimismo se ha reducido el problema a un caso bidimensional ya que, por la misma razón la homogeneidad, en el caso tridimensional se obtendrían como superficies isotérmicas unos cilindros de generatriz perpendicular al plano X,Y y de directriz las curvas isotérmicas obtenidas en nuestro caso.

REPRESENTACION SIMPLIFICADA
DEL AMBITO DEL MODELO



La reducción del problema del caso tridimensional al bidimensional ha consistido por consiguiente en realizar en el terreno un corte imaginario perpendicular al suelo y a la fractura lo que, equivale en la representación matemática cortar por el plano $Z =$ constante y movernos en dicho plano.

La figura 73 aclara suficientemente todo lo anterior suministrando además una idea clara de la distribución de ejes.

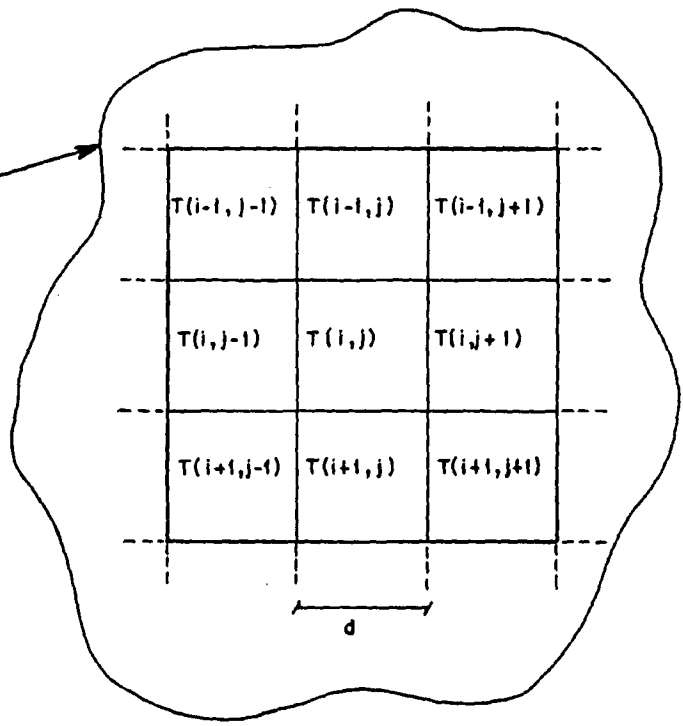
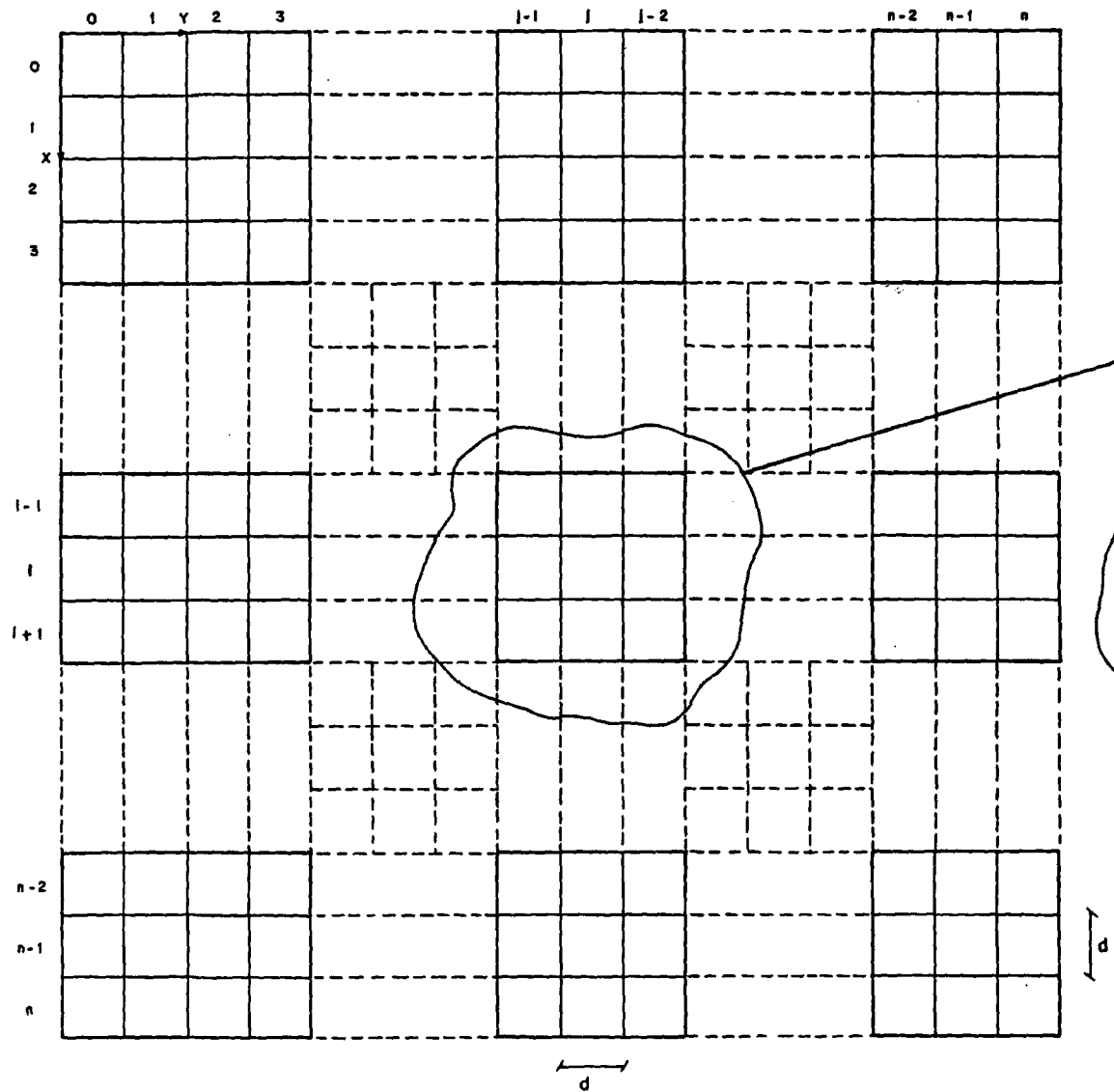
6.3. DISCRETIZACION DEL MODELO BIDIMENSIONAL

Para la realización del modelo en lugar de considerar el valor de la función $T(X,Y)$ punto a punto, se va a dividir el ambito del modelo bidimensional en una serie de elementos y se va a suponer que cada elemento tiene una temperatura uniforme en todos sus puntos. Evidentemente, cuanto más pequeños sean dichos elementos, la aproximación al caso real sera mejor.

Aunque la forma y dimensiones podría ser cualquiera, se han elegido por comodidad fragmentos de forma cuadrada y dispuestos de forma tal que sus temperaturas se puedan ordenar como elementos de una matriz. Así, el valor del elemento $T(i,j)$ de la matriz de temperaturas representa la temperatura de todos los puntos de la celda situada en la fila "i" y en la columna "j".

Las filas y las columnas de celdas van numeradas desde el 0 hasta un número n. Evidentemente aunque en la fig.74 se ha puesto mismo número de filas que de columnas (n + 1) esto no tiene por ser así y podría darse al modelo forma rectangular con un entramado de (n + 1) x (m + 1) celda.

REPRESENTACION PLANA DEL MODELO



6.4. APROXIMACIONES A REALIZAR PARA LA EJECUCION DEL MODELO

Ya se ha dicho anteriormente que el objetivo a conseguir era encontrar una función $T(X, Y)$ que satisficiera la ecuación de Laplace y unas condiciones de contorno conocidas y que para ello se iba a utilizar un método aproximado con ayuda del ordenador.

La primera aproximación ya ha sido hecha en el momento de discretizar el ámbito del modelo mediante división en celdas cuadradas de lado "d" y asignar a toda la superficie de la celda la temperatura $T(i, j)$ que únicamente corresponde al punto central de la celda. Dicho de otra forma, si el centro de la celda (i, j) tiene por coordenadas (X_0, Y_0) se ha efectuado la siguiente aproximación:

$$T(i, j) = T(X_0, Y_0) = T(X, Y) \begin{cases} \forall (X_0 - \frac{d}{2} < X < (X_0 + \frac{d}{2}) \\ \forall (Y_0 - \frac{d}{2} < Y < (Y_0 + \frac{d}{2}) \end{cases}$$

Ahora bien, al existir en las ecuaciones de transmisión del calor derivadas, es preciso encontrar asimismo una expresión aproximada de las derivadas.

Calcularemos el valor aproximado de $\frac{\delta T}{\delta X}$.

Para ello consideremos tres celdas consecutivas en la dirección del eje X, tales como las (i-1,j); (i,j) e (i+1,j) y calcularemos el valor de la función T(X,Y) en cada una de las celdas:

$$(1) \quad T(x+\Delta x, y) = T(X, Y) + \frac{\delta T}{\delta x} \cdot \Delta x + \frac{\delta^2 T}{\delta x^2} \cdot \frac{\Delta x^2}{2} + \dots$$

Con lo cual, si aproximamos.

$$(2) \quad \frac{\delta T}{\delta x} = \frac{T(x+\Delta x, y) - T(x, y)}{\Delta x}$$

el error cometido es del orden de Δx^2 .

También podemos escribir:

$$(3) \quad T(x-\Delta x, y) = T(X, Y) - \frac{\delta T}{\delta x} \Delta x + \frac{\delta^2 T}{\delta x^2} \cdot \frac{\Delta x^2}{2} + \dots$$

y restamos de la ecuación (1) la (3) resulta

$$T(x+\Delta x, y) - T(x-\Delta x, y) = \frac{\delta T}{\delta x} \cdot 2\Delta x + \frac{\delta^3 T}{\delta x^3} \cdot \frac{\Delta x^3}{3} \cdot 2 + \dots \quad (4)$$

Si aproximamos la derivada despejándola de la ecuación (4) resulta:

$$(5) \quad \frac{\delta T}{\delta X} = \frac{T(x+\Delta x, y) - T(x-\Delta x, y)}{2\Delta x}$$

Con lo que el error cometido es proporcional a Δx^3 y por lo tanto la aproximación (5) es mejor que la (2).

Si hacemos $\Delta x = d$ para ajustarlo a nuestro caso concreto y consideramos que en el punto de coordenadas (x, y) tiene su centro la celda (i, j) resulta:

$$\frac{\delta T}{\delta x} (x, y) = \frac{T(x+d, y) - T(x-d, y)}{2d}$$

o lo que es lo mismo

$$(6) \quad \frac{\delta T}{\delta x} (i, j) = \frac{T(i+1, j) - T(i-1, j)}{2d}$$

Con un razonamiento análogo, sobre tres celdas tales como la $(i, j-1)$; (i, j) ; $(i, j+1)$ se puede calcular el valor de $\frac{\delta T}{\delta y}$ y resultará:

$$(7) \quad \frac{\delta T}{\delta y} (i, j) = \frac{T(i, j+1) - T(i, j-1)}{2d}$$

Para aproximar el valor de las derivadas segundas se sigue el mismo procedimiento que para las primeras tomando como intervalos $\frac{\Delta y}{2}$ e $\frac{\Delta y}{2}$

Según esto:

$$\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} = \frac{\frac{\delta T}{\delta x} \left(x + \frac{\Delta x}{2}, y \right) - \frac{\delta T}{\delta x} \left(x - \frac{\Delta x}{2}, y \right)}{\Delta x}$$

Pero por: (5)

$$\frac{\delta T}{\delta x} \left(x + \frac{\Delta x}{2}, y \right) = \frac{T(x+\Delta x, y) - T(x, y)}{\Delta x}$$

Y

$$\frac{\delta T}{\delta x} \left(x - \frac{\Delta x}{2}, y \right) = \frac{T(x, y) - T(x-\Delta x, y)}{\Delta x}$$

entonces

$$\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} = \frac{T(x+\Delta x, y) + T(x-\Delta x, y) - 2T(x, y)}{\Delta x^2}$$

Y analogamente para las derivadas segundas en dirección de las y

$$\frac{\delta^2 T}{\delta y^2} = \frac{T(x, y+\Delta y) + T(x, y-\Delta y) - 2T(x, y)}{\Delta y^2}$$

Haciendo como en (6) y (7) $\Delta x = \Delta y = d$ y situando el punto (x, y) en el centro de la celda (i, j) resulta:

$$(8) \quad \frac{\delta^2 T}{\delta x^2} (i, j) = \frac{T(i+1, j) + T(i-1, j) - 2T(i, j)}{d^2}$$

$$(9) \quad \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} (i, j) = \frac{T(i, j+1) + T(i, j-1) - 2T(i, j)}{d^2}$$

y sustituyendo (8) y (9) en la expresión de la ecuación de Laplace resulta:

$$\frac{T(i+1, j) + T(i-1, j) + T(i, j+1) + T(i, j-1) - 4T(i, j)}{d^2} = 0$$

de donde

$$(10) \quad T(i, j) = \frac{1}{4} \{ T(i+1, j) + T(i-1, j) + T(i, j+1) + T(i, j-1) \}$$

El problema de integrar la ecuación de Laplace ha quedado reducido por lo tanto a la resolución del sistema de ecuaciones (10) que nos dice que la temperatura de cada celda, una vez alcanzado el régimen permanente ha de ser igual al promedio de las temperaturas de las celdas adyacentes.

6.5. RESOLUCION DEL SISTEMA DE ECUACIONES

La ecuación (10) a la que se ha llegado en el apartado anterior no representa otra cosa que un sistema de ecuaciones que al variar "i" y "j" nos da el valor de la temperatura en cada celda - como una función lineal de las temperaturas de otras celdas (concretamente las adyacentes).

Dado que la incógnita $T(i,j)$ aparece despejada y que en el ordenador una variable mantiene el último valor asignado o calculado para ella parece apropiado realizar el cálculo de los valores de $T(i,j)$ por el método de aproximaciones sucesivas de Gauss-Siedel.

El método consiste en que dado un sistema de n ecuaciones con n incógnitas (x_1, x_2, \dots, x_n) se despeja x_1 de la primera ecuación, x_2 de la segunda, etc y se le da un conjunto de valores arbitrarios a las incógnitas. Entrando con estos valores en la primera ecuación se calcula un valor para x_1 que servirá para entrar con el en la segunda ecuación y calcular x_2 . Repitiendo el proceso se llega a la enésima ecuación con lo cual se ha obtenido un conjunto de valores para las incógnitas diferentes del inicial.

Este proceso se repite utilizando el nuevo conjunto de valores de $(x_1, x_2 \dots x_n)$ calculado. En cualquier tratado de Cálculo - Numérico se demuestra que los sucesivos valores de las incógnitas calculados al fin de cada iteración, se van aproximando cada vez más al valor real y por lo tanto el proceso converge. Esta convergencia es tanto más rápida cuanto más se parece el conjunto inicial de valores al resultado final.

En el programa utilizado se utilizó como conjunto inicial de valores los dados por el gradiente natural suponiendo en superficie una temperatura de 15°C y se realizaron 150 iteraciones.

El número de iteraciones, muy alto, se determinó haciendo pruebas en las que se obtenían resultados intermedios y se fué aumentando el número de iteraciones hasta que la diferencia de -- temperaturas entre dos iteraciones sucesivas no era superior en -- ninguna celda a $0,1^{\circ}\text{C}$.

6.6. CONSIDERACIONES SOBRE EL REGIMEN ESTACIONARIO

La realización del modelo, como ya se ha indicado anteriormente, se hizo suponiendo alcanzado el regimen estacionario. Para ello se hicieron una serie de pruebas que se van a describir a continuación.

Cuando el fluido se intruye y comienza a calentar la roca, esta empieza a transmitir el calor por conducción, lo que hace que en dos instantes sucesivos, un punto de la roca presente temperaturas diferentes.

Cuando se alcanza el equilibrio, el calor radiado por la roca a la atmósfera es el mismo que el absorbido desde el foco, y la roca por lo tanto no se calienta más, sino que actúa simplemente como un mero conductor que transporta el calor desde el foco a la superficie del terreno.

En estas condiciones, la temperatura de un punto cualquiera no varia ya que el balance térmico del sistema es nulo. Se dice entonces que el sistema se halla en estado estacionario y el problema planteado es simplemente la determinación del tiempo que tarda en alcanzarse dicho estado, tiempo que como es natural depende de las características físicas de la roca y que se medirá por medio de un parámetro "K" de conductividad térmica.

La ecuación diferencial que rige el transporte de calor por conducción en un sólido es la ecuación de Stokes, que para un sólido bidimensional presenta la forma:

$$\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} = \frac{1}{K} \frac{\delta T}{\delta t}$$

Evidentemente, al alcanzarse el estado estacionario, la temperatura de un punto no varia con el tiempo, y por lo tanto $\frac{\delta T}{\delta t} = 0$ con lo que se anula el segundo miembro y la ecuación anterior se transforma en la de Laplace que como veíamos era la que regía el fenómeno en régimen estacionario.

Para determinar la duración del periodo transitorio se aproximó la ecuación de Stokes como en el caso de la de Laplace y en cuanto al segundo miembro se hizo

$$\frac{1}{K} \frac{\delta T}{\delta t} = \frac{1}{K} \frac{T_f - T_i}{\Delta t}$$

Cogiendo un $\Delta t = 10.000$ años se hizo correr el programa, sacando una impresión de temperaturas finales cada Δt y utilizando para el ciclo siguiente como temperaturas iniciales, las temperaturas finales del ciclo anterior.

Observando estos listados, se vió que las temperaturas - se mantenían constantes a partir del ciclo n° 11, de donde se dedujo que el régimen estacionario se alcanzaba al cabo de aproximadamente 110.000 años.

6.7. PASADAS EFECTUADAS

Se realizaron un total de 8 simulaciones, combinando cuatro dimensiones con dos tipos de foco caliente.

En el primer caso se dió una extensión en superficie de 60 celdas y de 40 en profundidad. Dado que cada celda representaba 25 m, este modelo consideraba una extensión de 1.500 m desde la fractura, y una profundidad de 1.000 m. Como la temperatura en superficie se consideró fija de 15°C y en profundidad de 135° se simulaban unas condiciones de gradiente vertical de:

$$G_1 = \frac{135 - 15}{1.000} = 0,12^\circ \text{ C/m}$$

El segundo caso en simularse fué de 80 celdas en profundidad por 60 en extensión con las mismas premisas que antes, la profundidad simulada fué de 25 x 80 = 2.000 m y el gradiente simulado de:

$$G_2 = \frac{135 - 15}{2.000} = 0,06^\circ \text{ C/m}$$

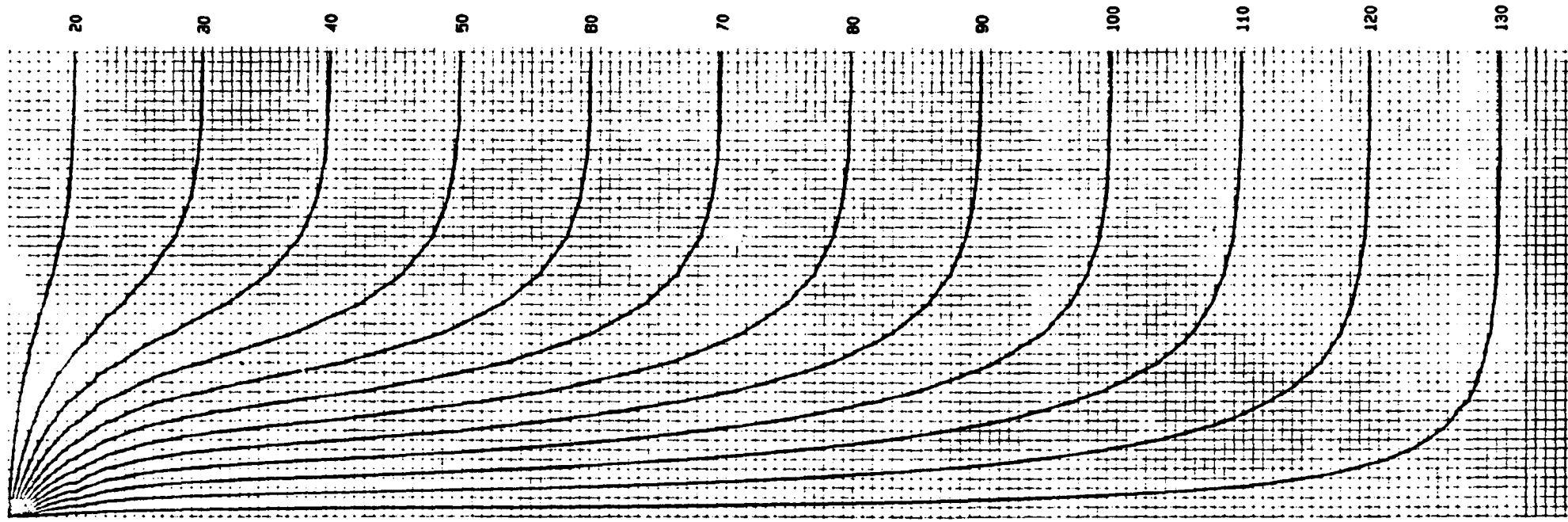


Gráfico no 75

Modelo térmico para un gradiente de 0,03e C/m
y foco convertivo (opción A). Tamaño de la -
ceida 25 m x 25 m.

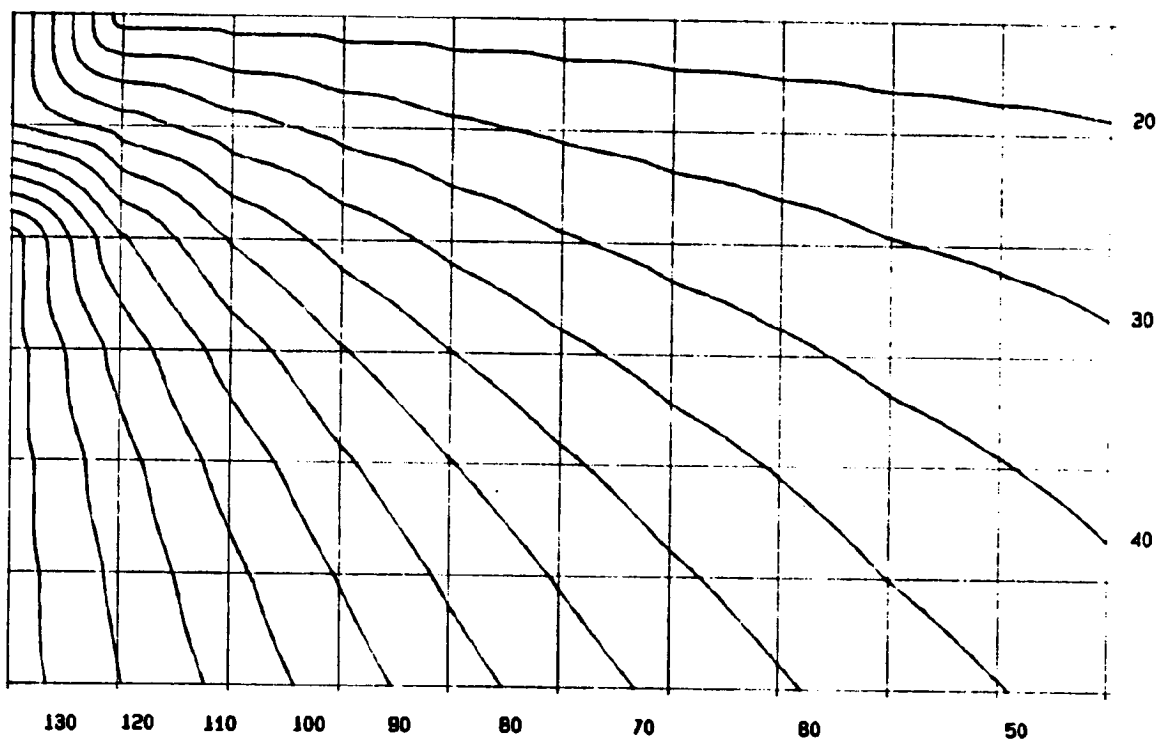


Gráfico nº 76

Ampliación modelo térmico para gradiente 0,03a C/m (opción A).
Tamaño de la celda 25 x 25 m.

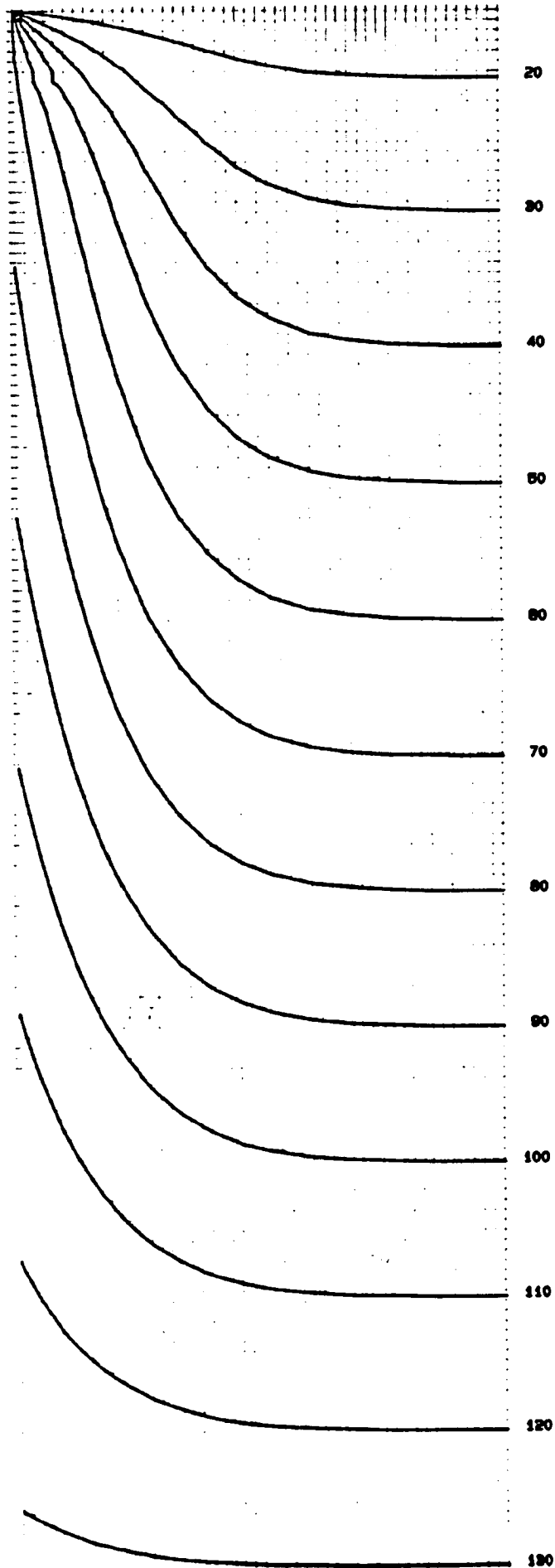


Gráfico nº 77

Modelo térmico para un gradiente de $0,039\text{ C/m}$ y foco conductivo (opción B). Tamaño de la celda $25\text{ m} \times 25\text{ m}$.

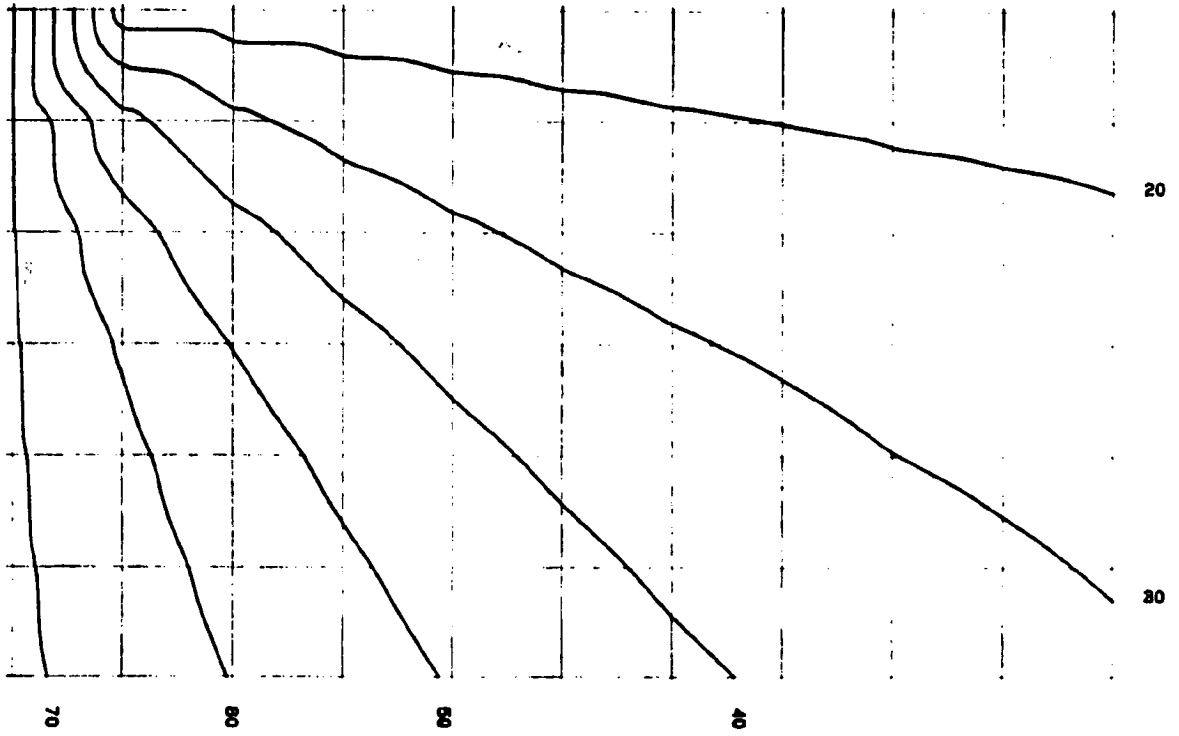


Gráfico nº 78

Ampliación modelo térmico para gradiente 0,032 C/m (opción B).

Tamaño de la celda 25 m x 25 m.

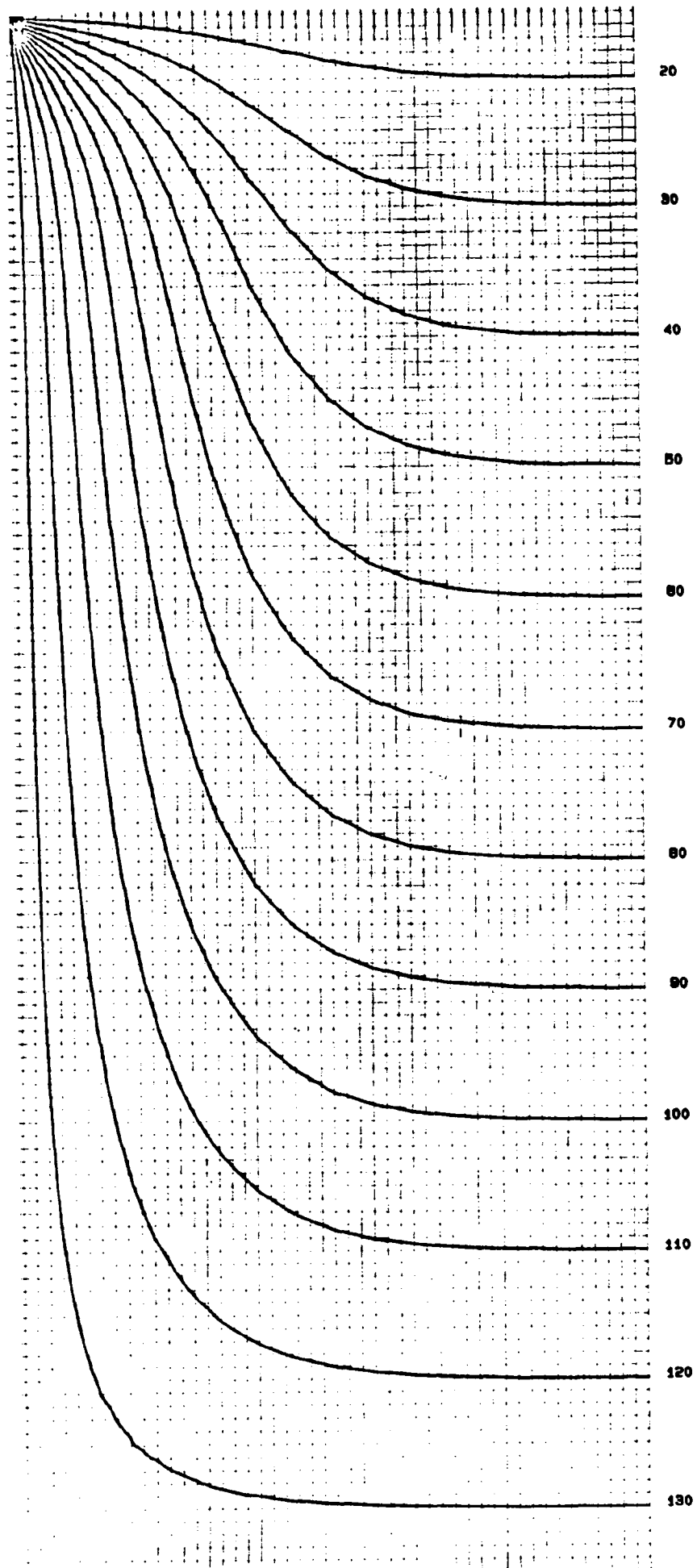


Gráfico nº 79

Modelo térmico para un gradiente de 0,040 C/m
y foco convectivo (opción A). Tamaño de la -
celda 25 m x 25 m.

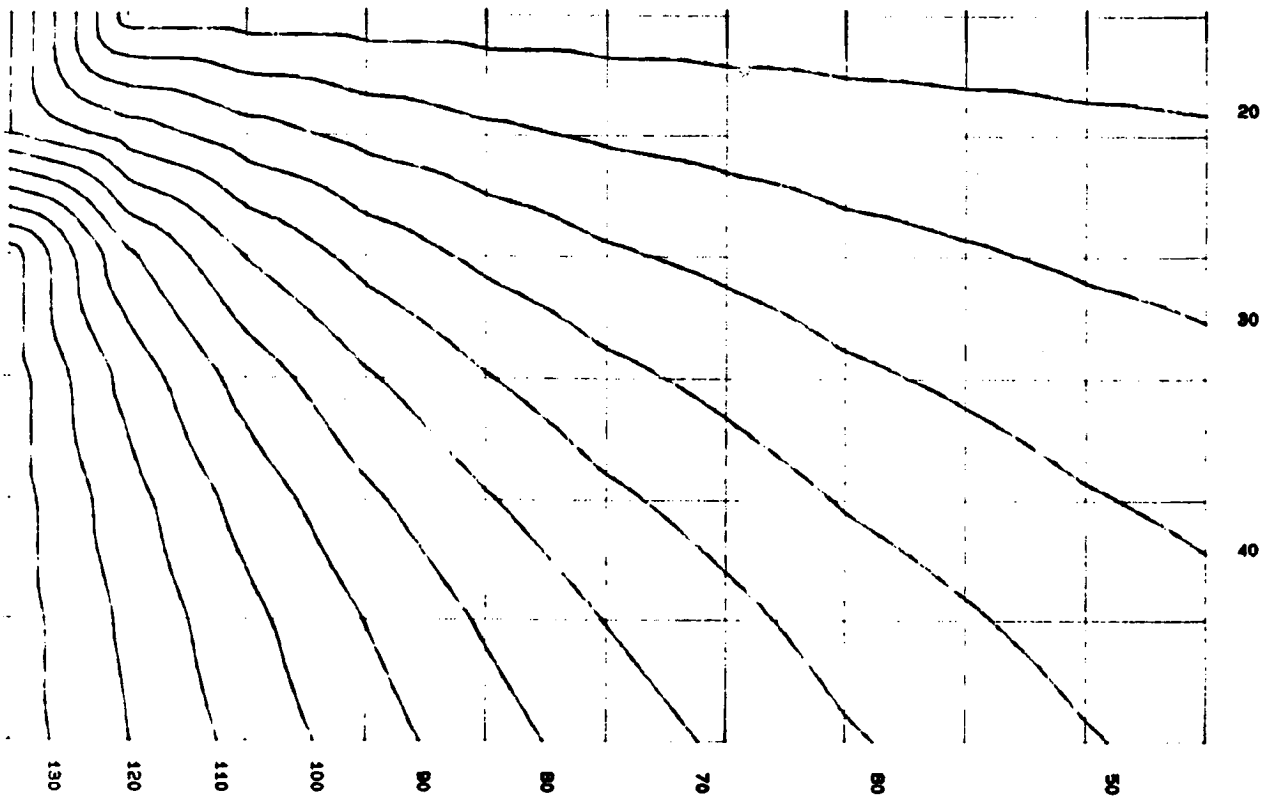


Gráfico nº 80

Ampliación modelo térmico para gradiente 0,04 \pm C/m (opción A).
Tamaño de la celda 25 m x 25 m.

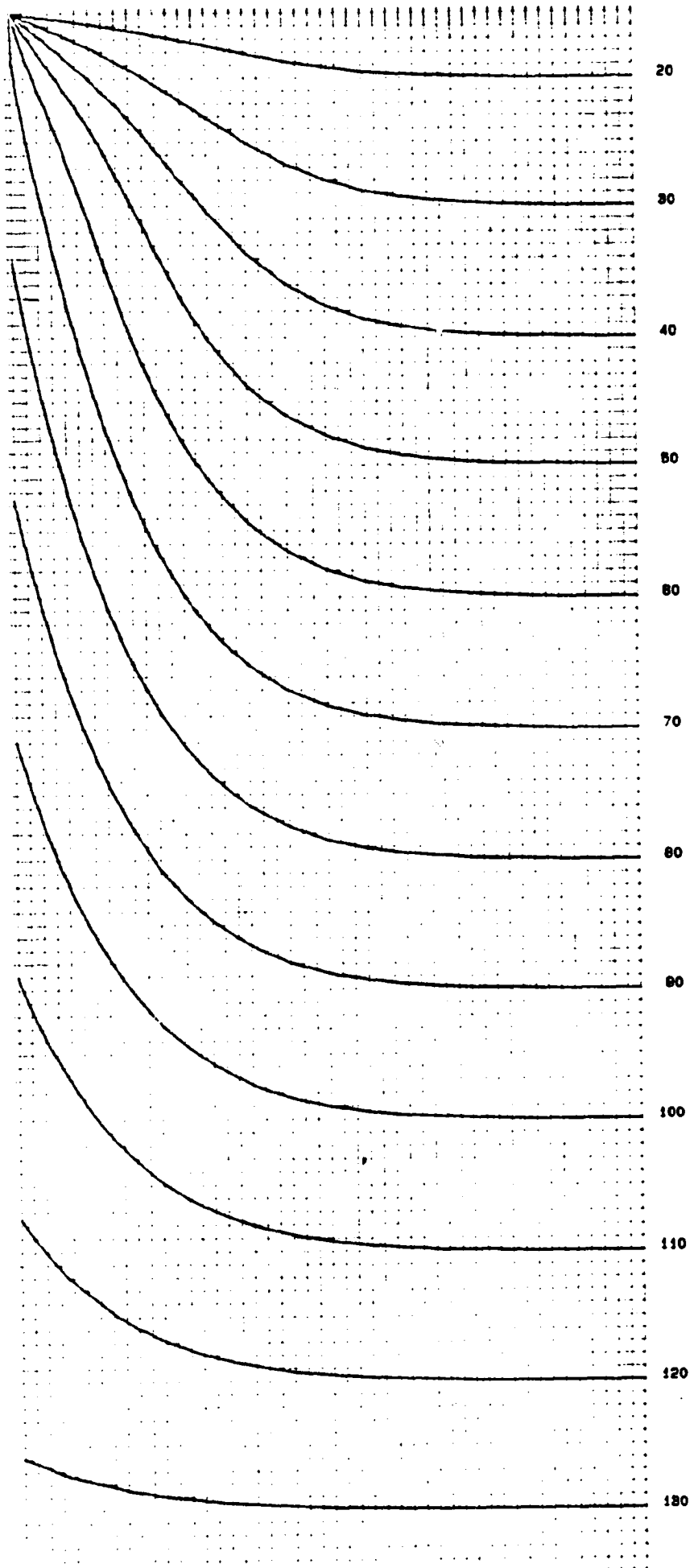


Gráfico nº 81

Modelo térmico para un gradiente de $0,040\text{ C/m}$
y foco conductivo (opción B). Tamaño de la
celda $25\text{ m} \times 25\text{ m}$.

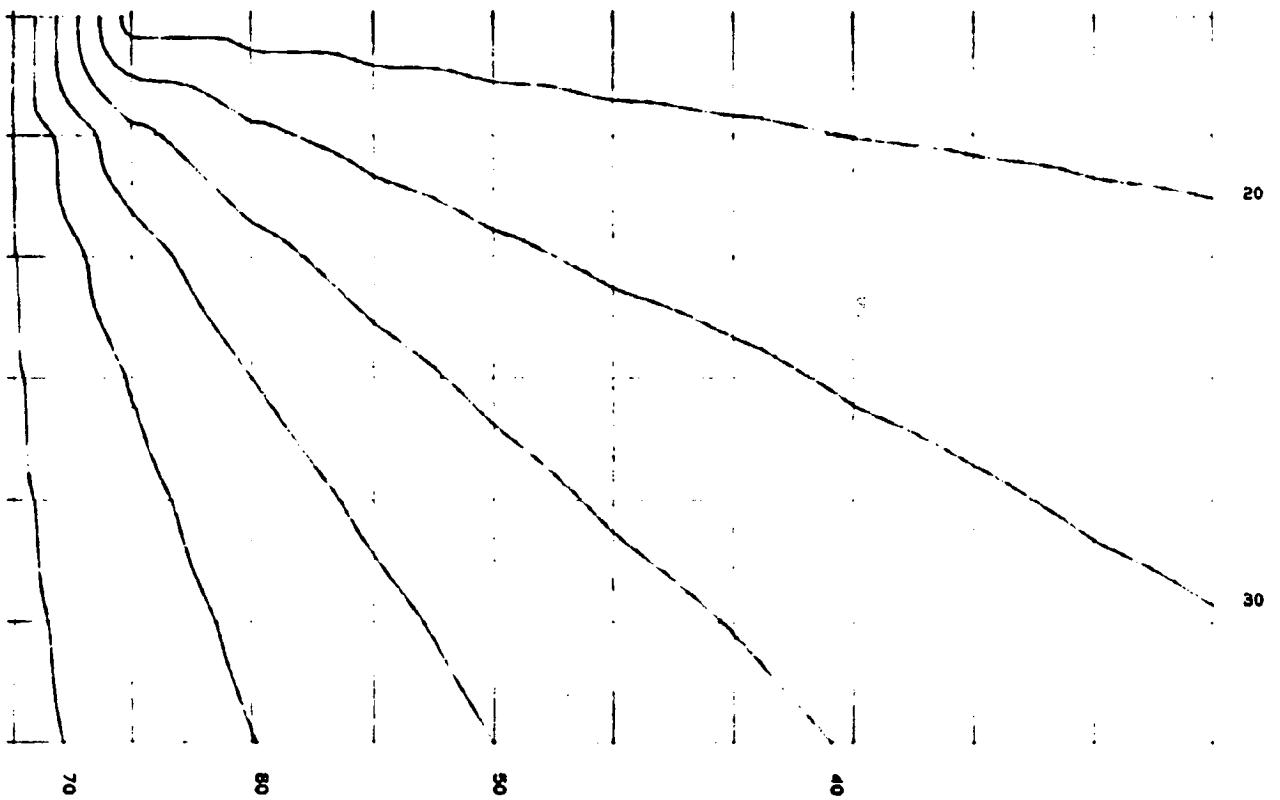


Gráfico nº 02

Ampliación modelo térmico para gradiente 0,042 C/m (opción B).
Tamaño de la celda 25 m 25 m.

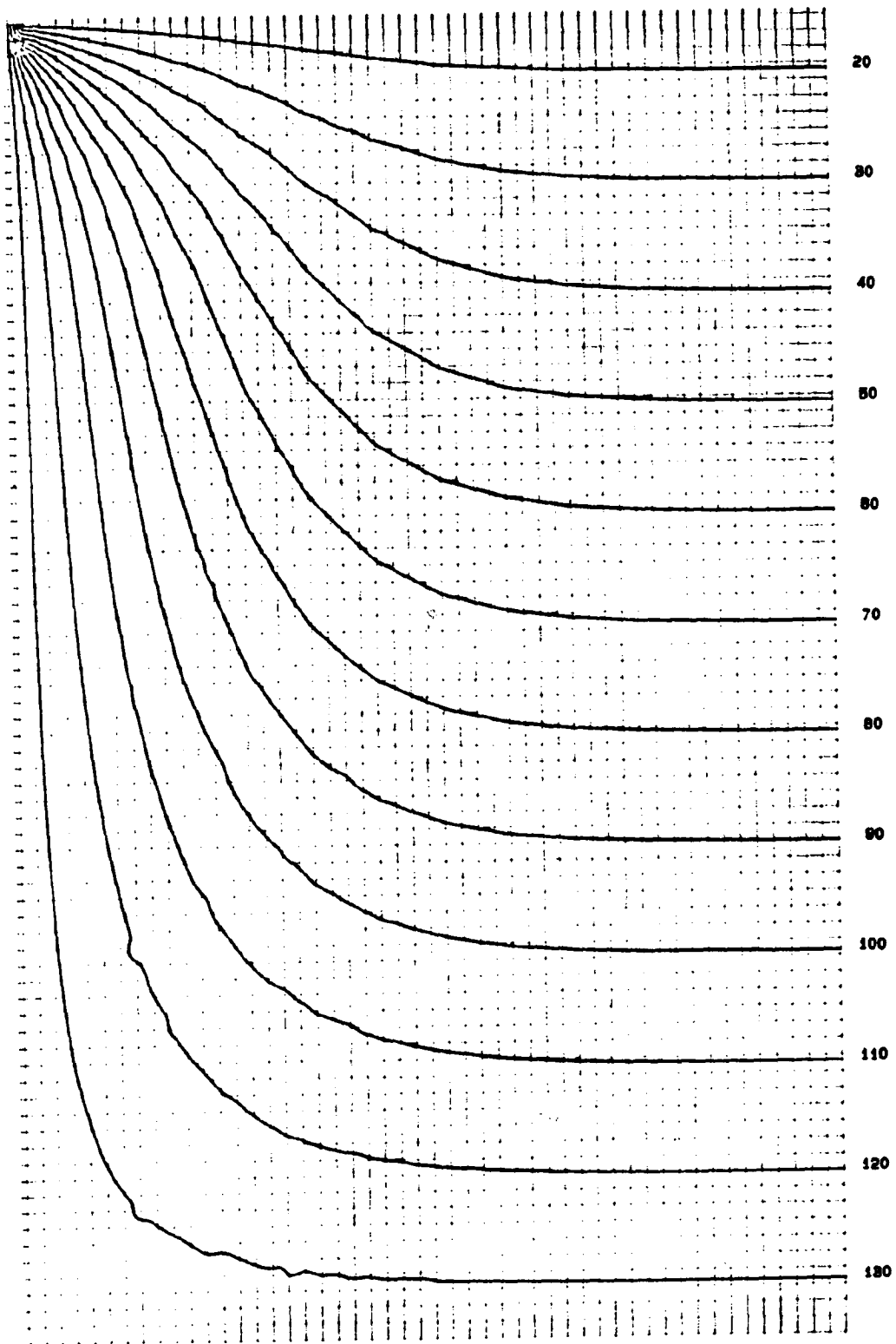


Gráfico nº 83

Modelo térmico para un gradiente de 0,06º C/m
y foco convectivo (opción A). Tamaño de la
celda 25 m x 25 m.

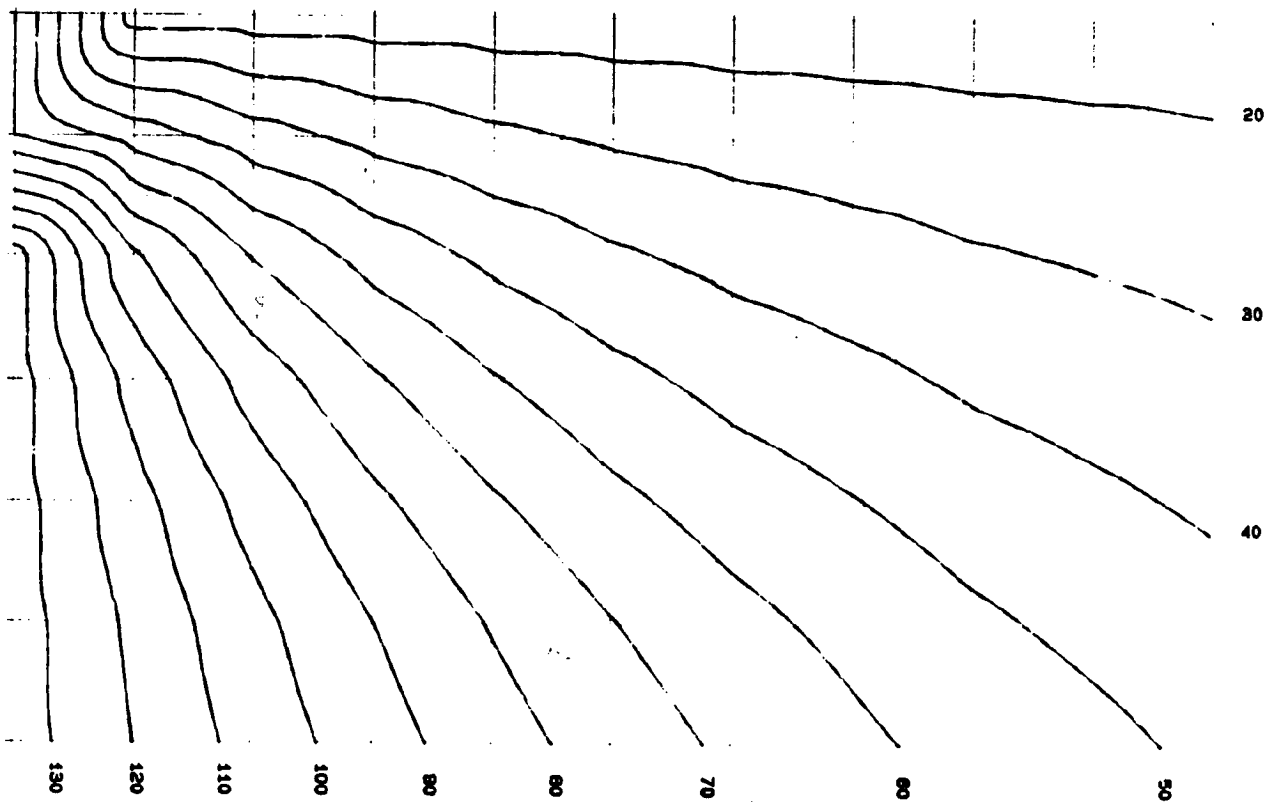


Gráfico nº 84

Ampliación modelo térmico para gradiente 0,06º C/m (Opción A).
Tamaño de la celda 25 x 25 m.

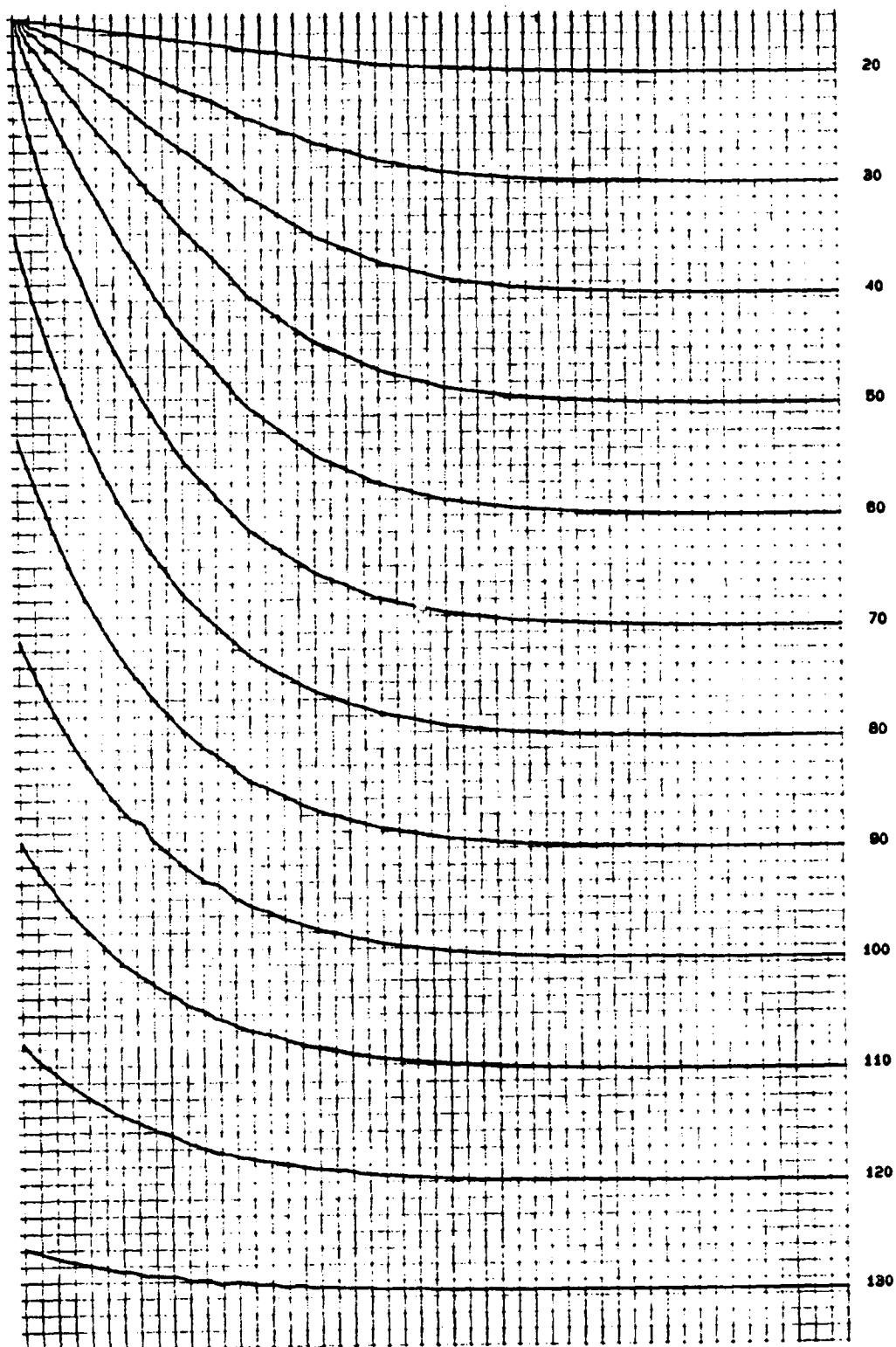


Gráfico nº 85

Modelo térmico para un gradiente de 0,060 C/m
y foco conductivo (opción B). Tamaño de la -
celda 25 m 25 m.

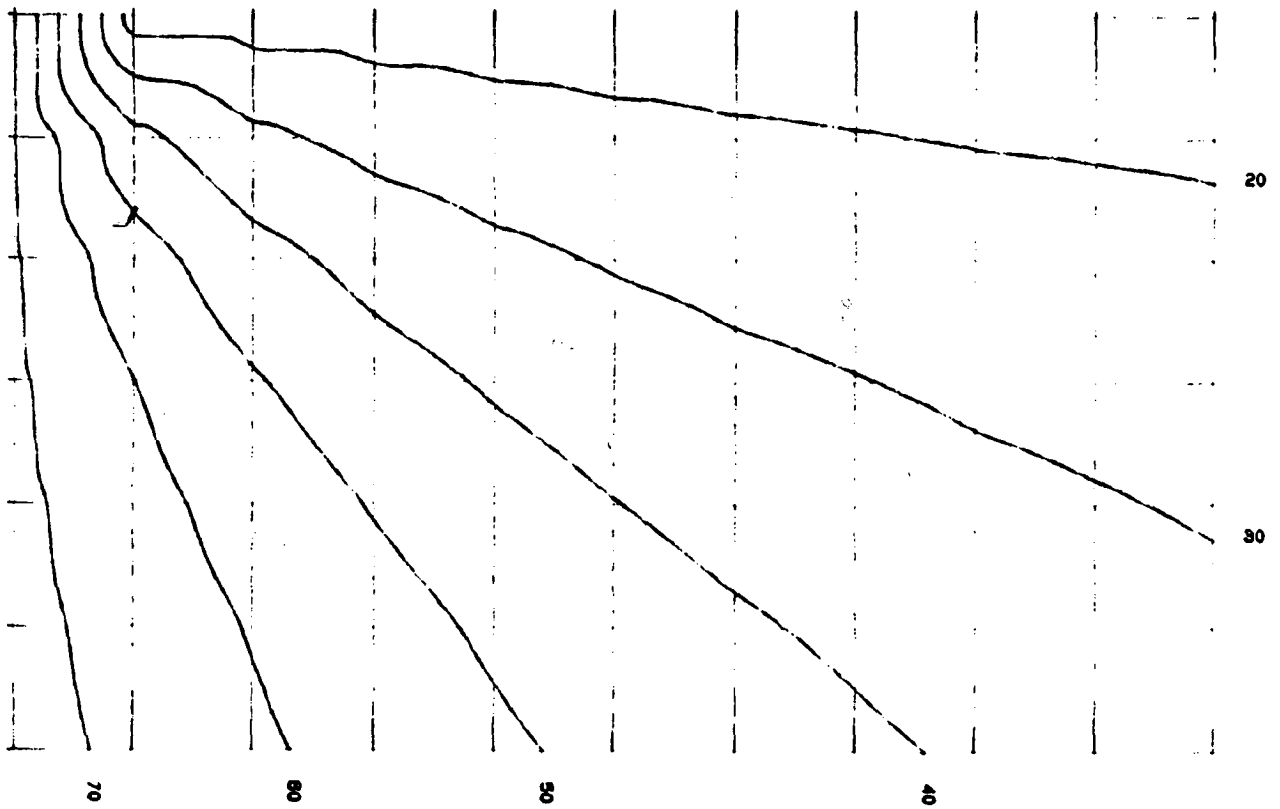


Gráfico no 86

Ampliación modelo térmico para gradiente 0,062 C/m (opción B).
Tamaño de celda 25 m x 25 m.

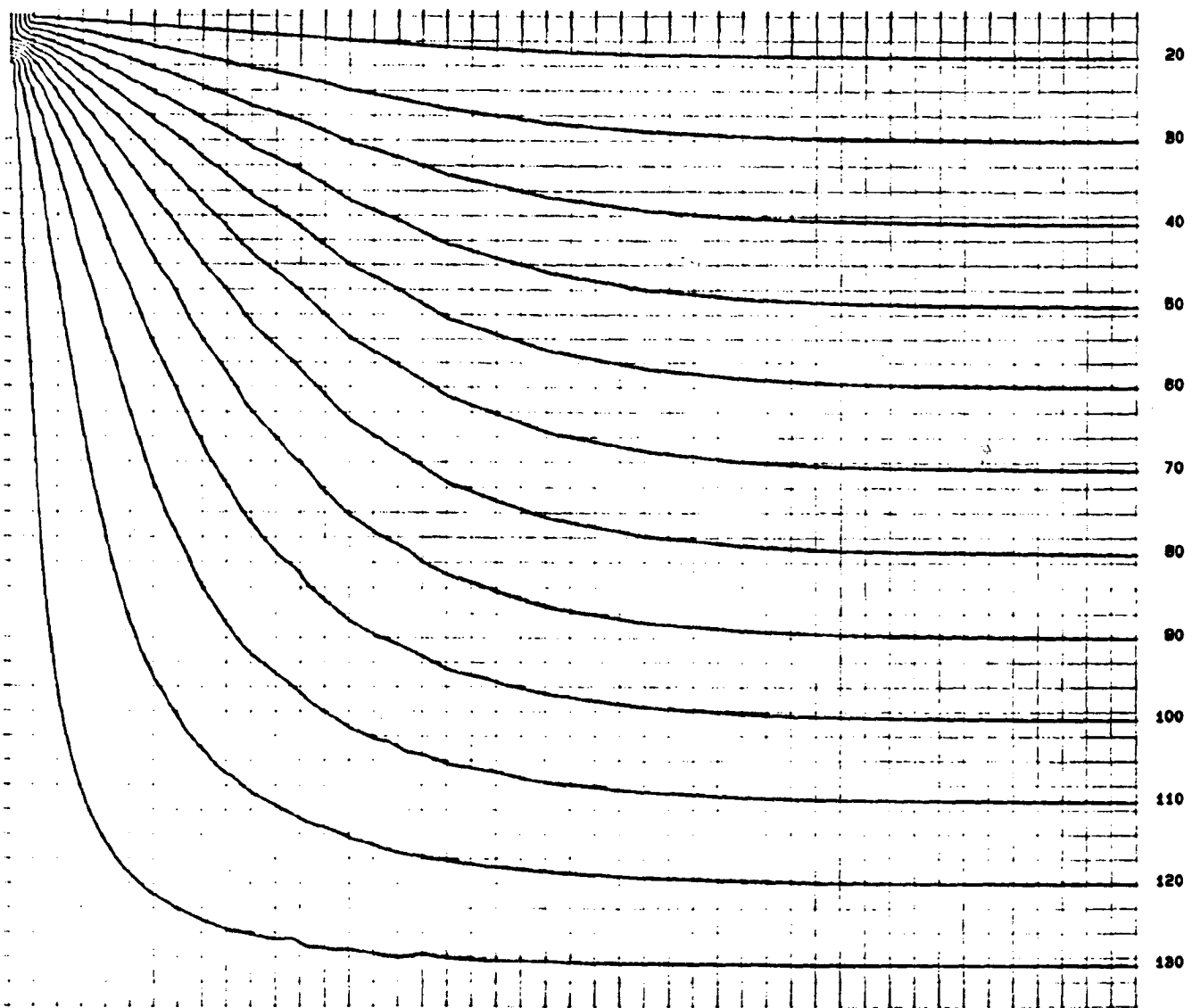


Gráfico nº 87

Modelo térmico para gradiente 0,129 C/m y foco convectivo (opción A).
Tamaño de la celda 25 m x 25 m.

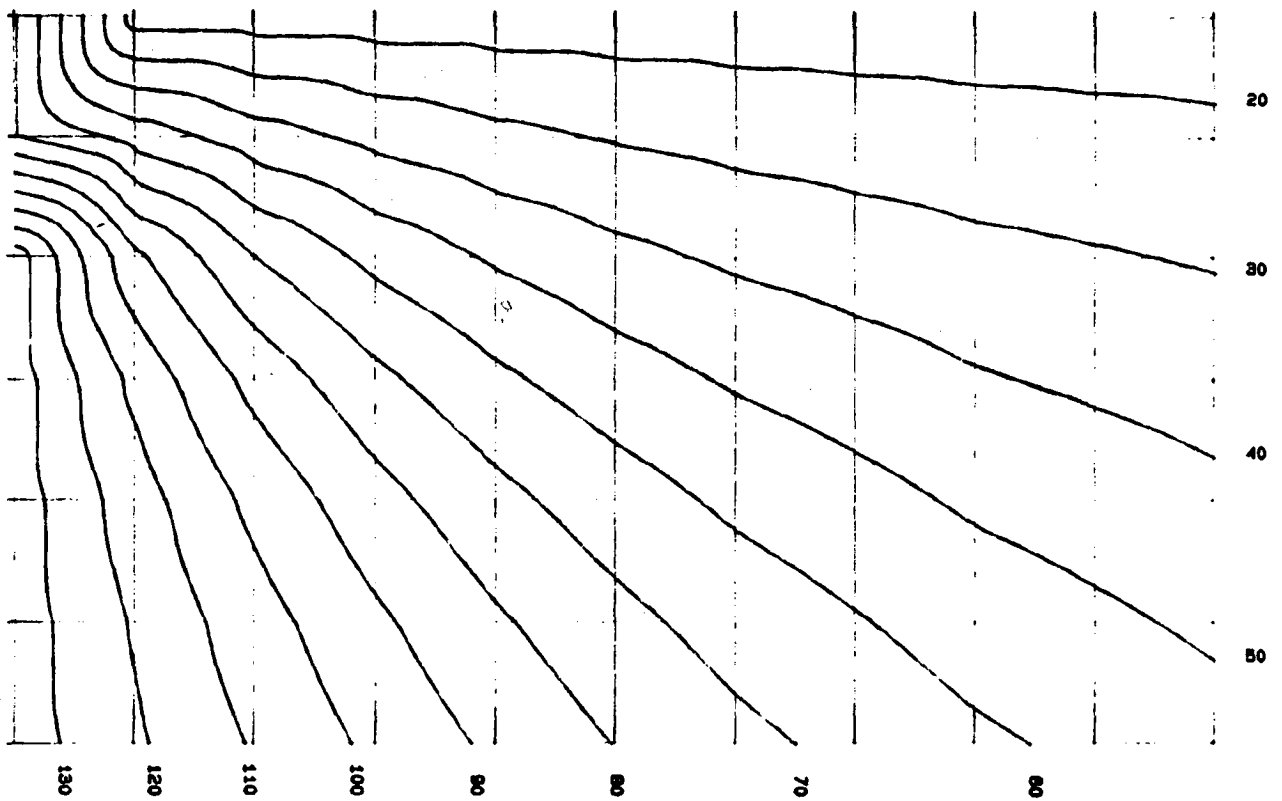


Gráfico nº 88

Ampliación modelo térmico para gradiente 0,12º C/m (opción A).
Tamaño de la celda 25 m x 25 m.

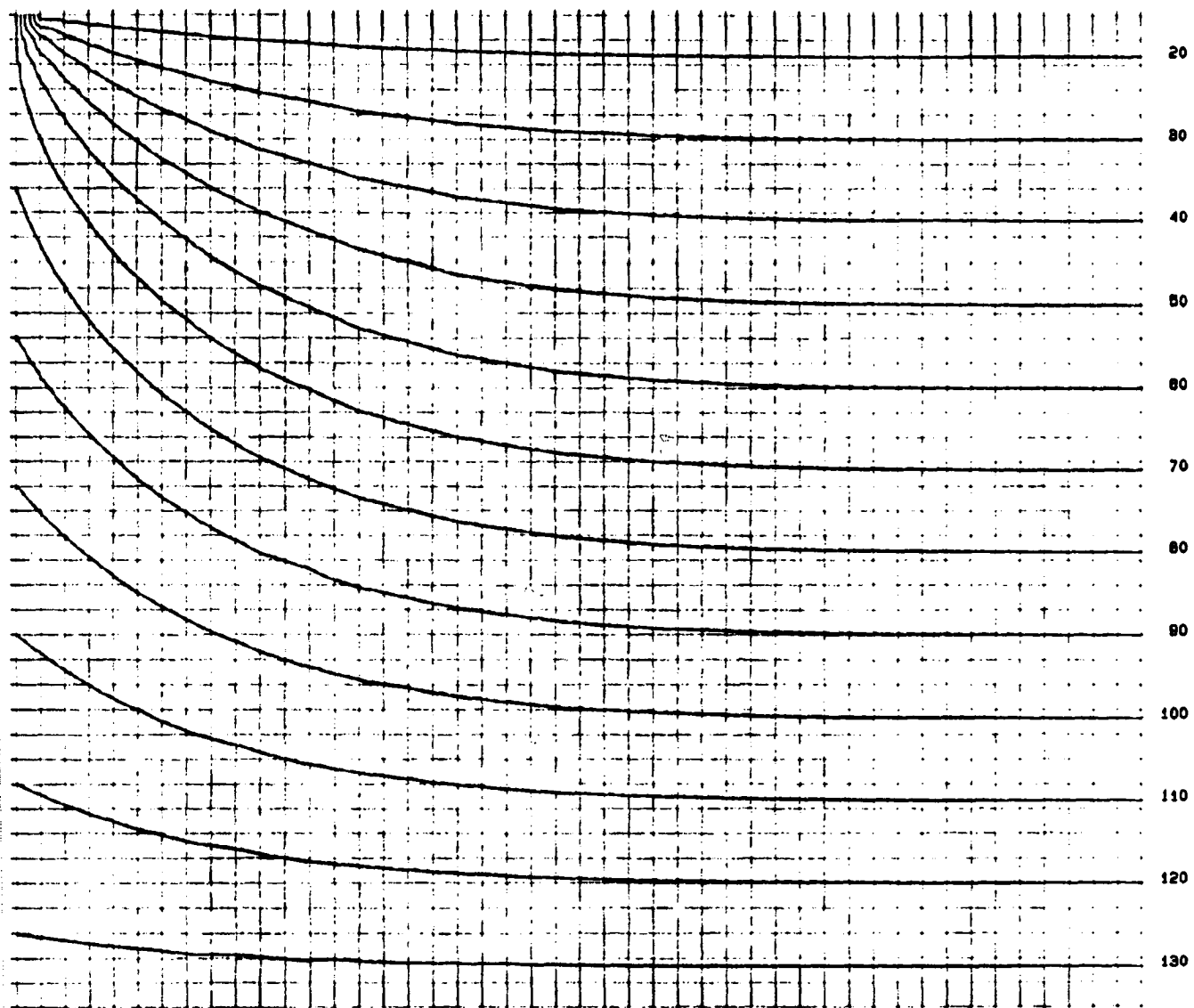


Gráfico nº 89

Modelo térmico para gradiente 0,122 C/m y foco conductivo (opción B).
Tamaño de la celda 25 x 25 m.

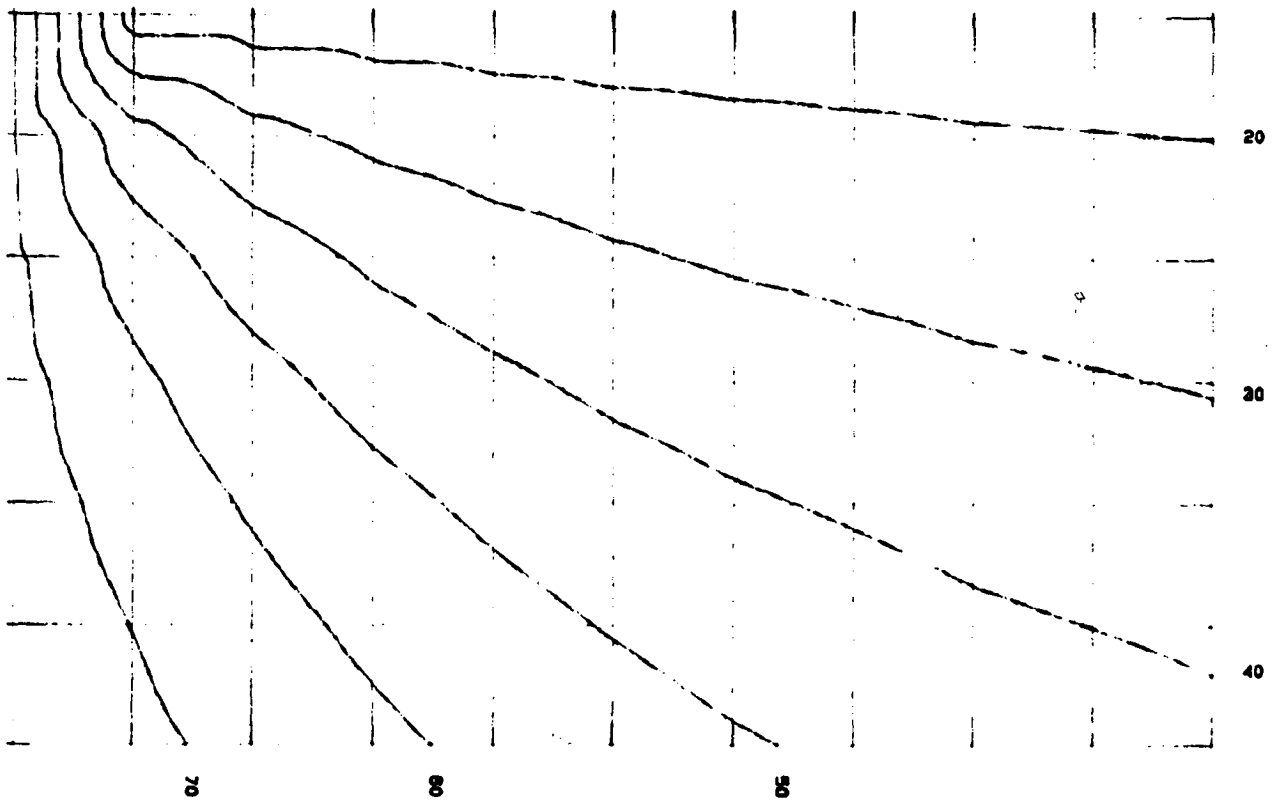


Gráfico nº 90

Ampliación modelo térmico para gradiente 0,129 C/m (opción B).
Tamaño de la celda 25 x 25 m.

En el tercer caso la profundidad fué de 120 celdas y la extensión de 60 como en casos anteriores. Por lo tanto, como la profundidad alcanzada es de 3.000 m el gradiente será:

$$G_3 = \frac{135 - 15}{3.000} = 0,04 \text{ } ^\circ\text{C/m}$$

En el cuarto caso supuso 160 x 160 celdas lo que traducido a distancia supone 4.000 x 4.000 m y como gradiente:

$$G_4 = \frac{135 - 15}{4.000} = 0,03 \text{ } ^\circ\text{C/m}$$

En cuanto a los focos se supuso dos tipos. En el prime-ro, los 50 primeros metros de profundidad constituian una zona - de mezcla con temperatura de 70°C y el resto de la fractura te--nia una temperatura constante y uniforme de 135°C

En cuanto al segundo tipo de foco estaba constituido por una zona de mezcla idéntica a la anterior y en el resto de la co-lumnase alcanzaban los 135°C en profundidad de modo lineal par--tiendo de los 70°C existentes a los 50 m.

La combinación de las cuatro dimensiones con los dos ti-pos de foco ha dado un total de 8 simulaciones diferentes cuyos - resultados fueron una matriz de temperaturas finales.

Estos datos se procesaron asimismo con un tratamiento - de dibujo y se obtuvieron por plotter los 8 mapas de isotermas - adjuntos que servirán para contrastar los resultados de los son-deos de gradiente realizados. Gráficos 75 al 90.

7. SINTESIS DE LOS TRABAJOS
REALIZADOS Y METODOLOGIA

7.1. INTRODUCCION

En este apartado se realiza un resumen de los trabajos elaborados anteriormente en la zona, de carácter geotérmico. Estos trabajos son los siguientes:

- Investigación general de las manifestaciones geotérmicas en el Territorio Nacional (ENADIMSA, 1975-76).
- Estudio de las manifestaciones termales en Galicia, - orientadas a su posible explotación como recursos geotérmicos (IGME, 1980).
- Investigación geotérmica de Rocas Calientes Secas en la zona septentrional de la provincia de Orense (IGME 1982).

Por otra parte, se realiza un estudio metodológico de - investigación geotérmica en rocas de tipo granítico desde las primeras fases, hasta la ejecución de sondeos de pre-explotación.

7.2. INVESTIGACION GENERAL DE LAS MANIFESTACIONES GEOTERMICAS EN EL TERRITORIO NACIONAL. (ENADIMSA, 1975-1976)

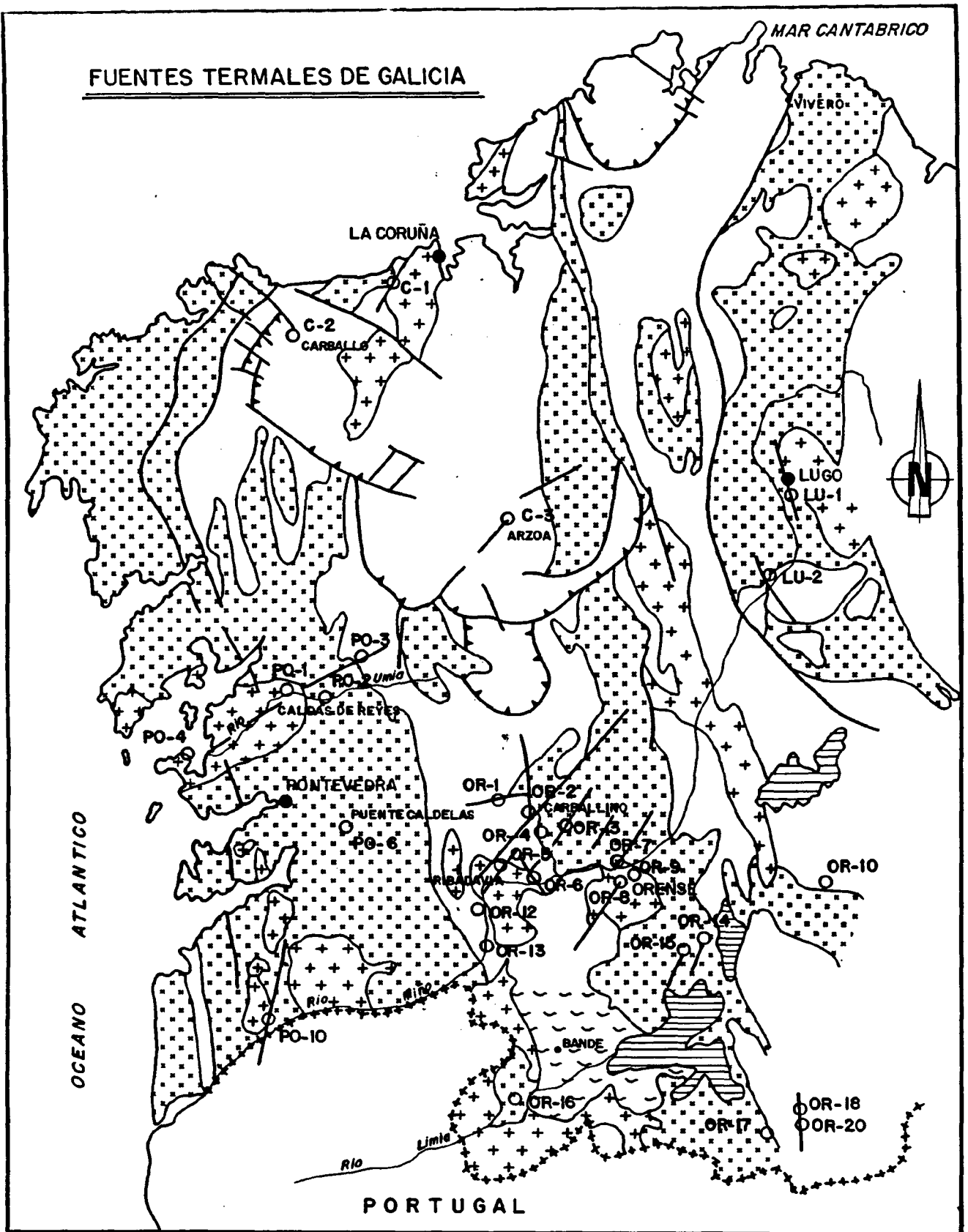
En este estudio la división geotérmica de España se hace atendiendo a factores geológicos de gran escala, de grandes cuencas y cordilleras.

Galicia se incluye dentro del Macizo Central o Hespérico, constituido por terrenos en su mayor parte paleozoicos - que forma el zócalo de la Meseta. Enclavada al NO del macizo Hespérico se caracteriza por la variedad de intrusiones magmáticas y el elevado grado de metamorfismo de las series sedimentarias.

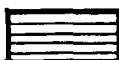
De los 47 manantiales visitados, han resultado termales 32, ubicados; 2 en La Coruña, 1 en Lugo, 20 en Orense y 9 en Pontevedra.

Más del 94% de las aguas termales inventariadas, en la región galaica, afloran en rocas graníticas y granodioríticas, estando ligadas a fracturas hercínicas, de magnitud variable,

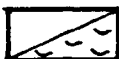
FUENTES TERMALES DE GALICIA



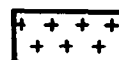
○ FUENTES TERMALES



POST-ALPINO



PALEOZOICO
MIGMATIZACION



GRANODIORITA



GRANITO

0 50Km.
ESCALA GRAFICA

que fueron reactivadas por la acción de una tectónica reciente. Los aportes térmicos de las masas plutónicas se reflejan en los esquistos próximos, por la cristalización de la biotita sin más dirección preferente, pero corresponden a la orogé_nia hercínica.

Como el actual estudio está limitado a dos zonas de la provincia de Orense, la presente síntesis se va a centrar en esta provincia.

7.2.1. HIDROGEOTERMISMO

La hidrogeología subterránea de la región gallega tiene pocas posibilidades, por falta de porosidad de los materiales paleozoicos. Los únicos resultados positivos han sido las excavaciones aprovechando los "Lem" graníticos, formados "in situ", por alteración meteórica de granitos y granodioritas, los cuales contienen siempre cierta cantidad de agua.

La provincia de Orense es la que tiene mayores indicios geotermales de la región, alcanzando, Orense capital, el foco de mayor importancia en las Burgas (OR-8), constituida por tres manantiales, con un caudal aproximado de 5 l/seg. y temperatura de 70°C. En la ciudad de Orense, se encuentra la Fte. del Tintero (OR-7-68°C) y los Baños de Mende (OR-19), con caudal inferior a 1 l/seg.

Estos manantiales están ligados a fallas tardihercínicas de dirección NNE-SSO, que fueron reactivas por una tectónica reciente, como se puede deducir del estudio de las terrazas ubicadas en Orense y sus cercanías.

Hay que destacar los manantiales que se sitúan paralelos a la falla de dirección NE-SO, que procedente del N de Carballino, llega hasta Ribadavia, teniendo numerosas fallas satélites, en donde se localizan los manantiales de Berán, Partovia, A Rañoa, Carballino y el de Santa María de Layas (invadido por el Embalse de Castrelo, con un caudal de 18 l/seg y 50°C de temperatura).

Otra fuente termal interesante y relacionada con una fractura de dirección NE-SO, que pone en contacto la granodiorita con los esquistos paleozoicos, es la de Baños de Preixigueiro (OR-9), en la margen del río Cierves. Su caudal es superior a los 10 l/s y 40°C de temperatura.

En San Salvador de Molgas (OR-14) el agua alcanza 54°C y un caudal de 2 l/seg.

En el término municipal de Bande se encuentra el Bañerío de San Juan de Baños (OR-16), ha sido cubierto por el embalse de las Conchas; no obstante, debido a su poca profundidad se ha medido su temperatura y superó los 40°C, estimándose un caudal superior a los 15 l/seg.

7.2.2. FACIES HIDROQUIMICA

Mediante el empleo del diagrama triangular de PIPER, se han clasificado los datos analíticos.

Las aguas termales de la provincia de Orense pertenecen todas a la facies bicarbonatada sódica.

7.2.3. DETERMINACION DE TEMPERATURAS EN PROFUNDIDAD MEDIANTE EL EMPLEO DE GEOTERMOMETROS

Se han utilizado los geotermómetros de sílice, equilibrio Na-K-Ca y el equilibrio albita-anortita. Ver cuadro adjunto.

7.2.4. ESTUDIO DE EQUILIBRIO Y DE FENOMENOS DE ENFRIAMIENTO

Las salidas de aguas termales al exterior se realizan a través de fallas, por lo que su caudal y velocidad de salida dependen de las dimensiones de la zona de fractura, su intensidad de fracturación y alimentación de la misma.

En la salida el agua termal puede sufrir dos procesos, mezcla y/o enfriamiento, que afectarían al equilibrio, y por consiguiente el cálculo de las condiciones termodinámicas iniciales.

Con el fin de conocer, en la medida de lo posible, los puntos en los que se han producido los fenómenos antes mencionados, se han llevado a un diagrama las concentraciones de sílice en función de la temperatura de surgencia. Si se traza la envolvente de estos puntos se observa que los más caudalosos se sitúan, por lo general, muy próximos a la envolvente, mientras que los que tienen caudal muy pequeño están, en la mayor parte de los casos, muy alejados de la recta. En consecuencia, se podría admitir la posibilidad de que en los puntos más caudalosos el proceso de enfriamiento no ha afectado mucho a su temperatura de surgencia.

Si se observan las temperaturas calculadas se aprecia, en varios puntos, una gran similitud de resultados al aplicar

RESUMEN DE LAS AGUAS TERMALES DE ORENSE - ENADIMSA 1975-76

<u>NUMERO</u>	<u>DENOMINACION</u>	<u>CAUDAL</u> <u>l/seg.</u>	<u>TEMPERATURA</u> <u>EMERG. °C</u>	<u>pH</u>	<u>CLASIFICACION</u>	<u>SiO₂</u> <u>ppm</u>	<u>TEMPT.</u> <u>SiO₂</u>	<u>TEORICA de</u> <u>albita</u> <u>anortita</u>	<u>ALMACEN</u> <u>Na-K-Ca</u> <u>β=0'33</u>
OR-1	Baños S. Pedro de Brues	1'5	26	8'1	NaHCO ₃	25	94	104	183
OR-2	Balneario de Carballino	0'25	25	9'0	NaHCO ₃	41	85	82	146
OR-3	A Rañoa	0'13	20	8'3	NaHCO ₃	27	73	55	144
OR-4a	Caldas de Partovia	1'5	34	9'1	NaHCO ₃	27	73	62	138
OR-4b	Caldas de Partovia	0'2	30	9'1	NaHCO ₃	27	73	62	138
OR-5	Balneario de Beran	5	28	7'7	NaHCO ₃	37	82	57	146
OR-6	Balneario de Layas				Invadido por embalse de Castrelo				
OR-7	Fte. del Tintero	0'1	60	8	NaHCO ₃	59	98	97	164
OR-8	Las Burgas	5	70	7'5	NaHCO ₃	69	104	108	180
OR-10	Fte. del Baño	0'08	10	6'75	NaHCO ₃	14	57	43	130
OR-11	Sta. María de Castrelo				Invadido por embalse de Castrelo				
OR-12a	Baños de Prexigueiro	15	40	8	NaHCO ₃	49	91	80	168
OR-12b	Baños de Prexigueiro	0'03	49	8'7	NaHCO ₃	73	106	106	175
OR-13	Baños del Monte	0'16	29	9'3	NaHCO ₃	51	93	98	163
OR-14a	Baños de Molgas	0'8	54	7'5	NaHCO ₃	59	98	105	181
OR-14b	La Charca-Molgas	0'08	25	7'6	NaHCO ₃	56	96	102	181
OR-15	Bañiño de Junquera	0'3	24	7'75	NaHCO ₃	46	89	93	165
OR-16	San Juan de Baños	15	44	7'4	NaHCO ₃	49	91	94	191
OR-17	Balneario de Raquejo	0'25	21	6'4	NaHCO ₃	77	108	121	204
OR-19a	Baños de Mende	0'06	28	7'8	NaHCO ₃	66	102	100	174
OR-19b	Baños de Mende	1	34	8'2	NaHCO ₃	66	102	103	177
OR-20	Aguas de Sousas	0'3	22	6'7	NaHCO ₃	54	95	112	207

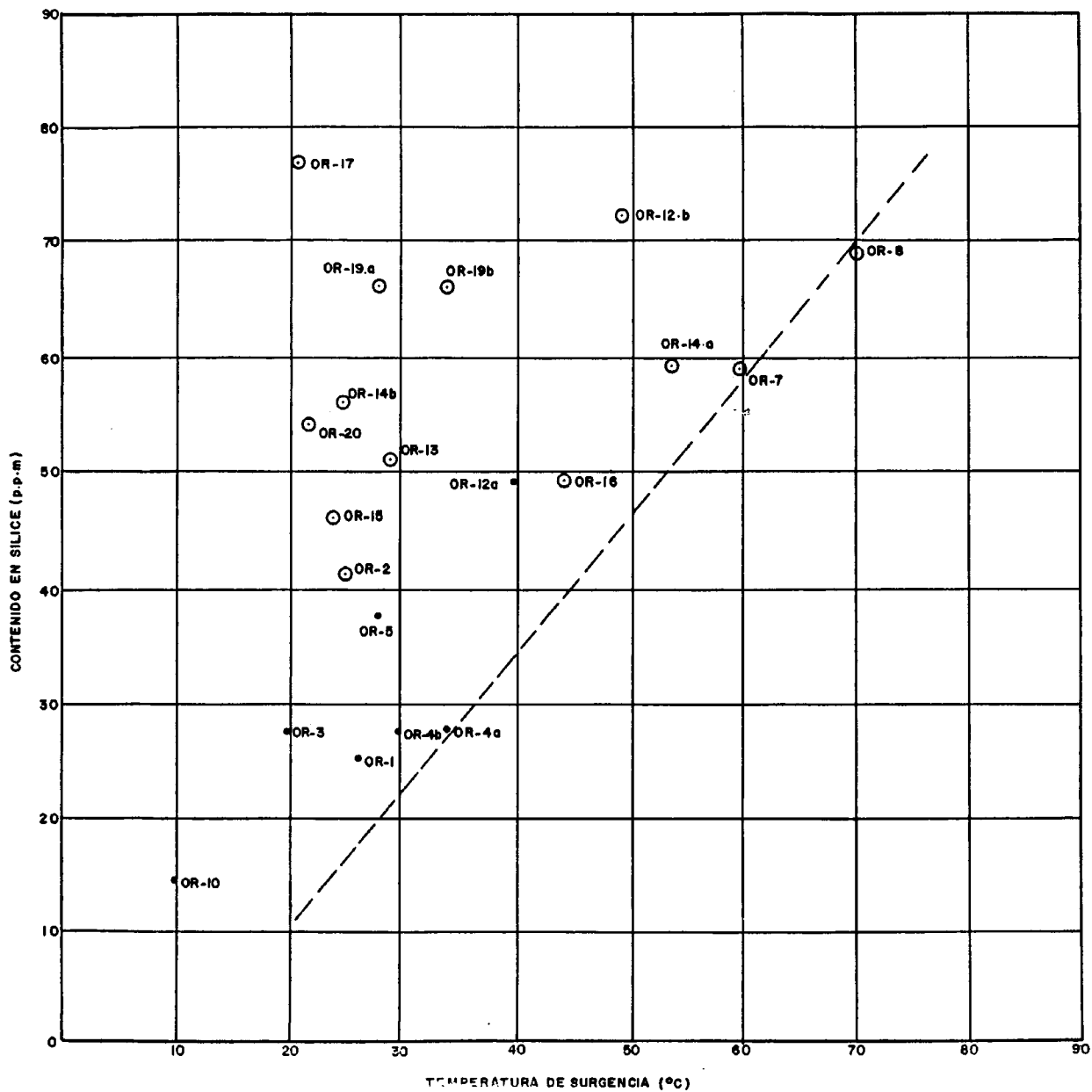


DIAGRAMA COMPARATIVO ENTRE
CONTENIDO EN SILICE Y TEMPERATURA
DE EMERGENCIA EN ORENSE

- MUESTRA EQUILBRADA
- MUESTRA NO EQUILBRADA

los dos métodos más idóneos a esta zona, contenido en sílice y equilibrio albita-anortita. Esta similitud indicaría que la muestra está en equilibrio. Si se diferencian con distinto símbolo se observa que corresponden a aquellas muestras más alejadas de la envolvente o situadas en su parte superior.

7.2.5. RESULTADOS GENERALES DE HIDROQUIMICA

La totalidad de las muestras pertenecen a la facies bicarbonatada sódica. Esta facies podría estar regulada, en profundidad, por la presencia de CO_2 y la abundancia de hidróxidos de elementos alcalinos, como el sodio y potasio, provenientes de los feldespatos.

La relación entre la temperatura de surgencia y el contenido en sílice ha puesto de manifiesto la existencia de fenómenos de enfriamiento y de mezclas.

Los puntos cuya temperatura de surgencia coinciden aproximadamente con la de la envolvente de la familia, pueden presentar fenómenos de mezcla pero su enfriamiento no sería muy acentuado. Por el contrario en los que existe gran disparidad entre las temperaturas de surgencia y las de la envolvente predominará probablemente el fenómeno de enfriamiento.

De los tres geotermómetros utilizados, el basado en el equilibrio Na-K-Ca da valores por exceso, probablemente porque el valor de β no se ajusta a la zona, mientras que los otros dos presentan coincidencia casi absoluta en el caso de que la muestra analizada estuviese en equilibrio.

Las temperaturas máximas estimadas por el contenido en sílice y el equilibrio albita-anortita se sitúan alrededor de los 120°C.

7.2.6. RESULTADOS GENERALES

La mayoría de las fuentes termales se localizan en los contactos entre granitos y granodioritas con el material paleozoico, y el resto en fracturas en el seno del propio granito, sin posibilidad de encontrar un almacén importante que se extienda lateralmente fuera de la estrecha franja vertical de estas fracturas. -

En general los manantiales no se alinean a lo largo de grandes fallas de envergadura regional.

La mayor concentración de puntos alrededor de Orense parece coincidir con la zona de mayor concentración de fracturas de tensión, creadas en Galicia paralelamente a los ejes de curvatura del giro de la rodilla astur-leonesa.

Los manantiales afloran, por lo general, en granitos y granodioritas, alimentados por un río o arroyo que pasa por las inmediaciones del manantial, cuyo agua penetra por zonas de fractura para ser calentada en profundidad y remitida al exterior.

7.2.7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Orense capital resulta ser el foco de mayor importancia en cuanto a temperaturas de emergencia de 68 y 70°C. Otras - temperaturas de emergencia también importantes en la provincia alcanzan 40° y 50°C.

Conviene resaltar que las temperaturas de fondo según - los geotermómetros son bastante superiores. Los contenidos en sílice y las relaciones Albita-Anortita coinciden en señalar temperaturas de hasta 120°C, y hay que tener en cuenta que - las temperaturas reales siempre son mayores a la de estos indicadores por haberse comprobado la existencia de mezclas de aguas.

Un factor desfavorable es que los caudales no son, por lo general, importantes, en relación con el alto grado de impermeabilidad de los materiales. No obstante existen manantiales que oscilan entre 4 y 18 l/seg.

7.2.8 RECOMENDACIONES

Galicia, especialmente Orense, cuenta con manifestaciones de baja y media entalpia limitadas a zonas muy concretas.

Las posibilidades de explotación son actualmente limitadas por la falta de almacenes importantes.

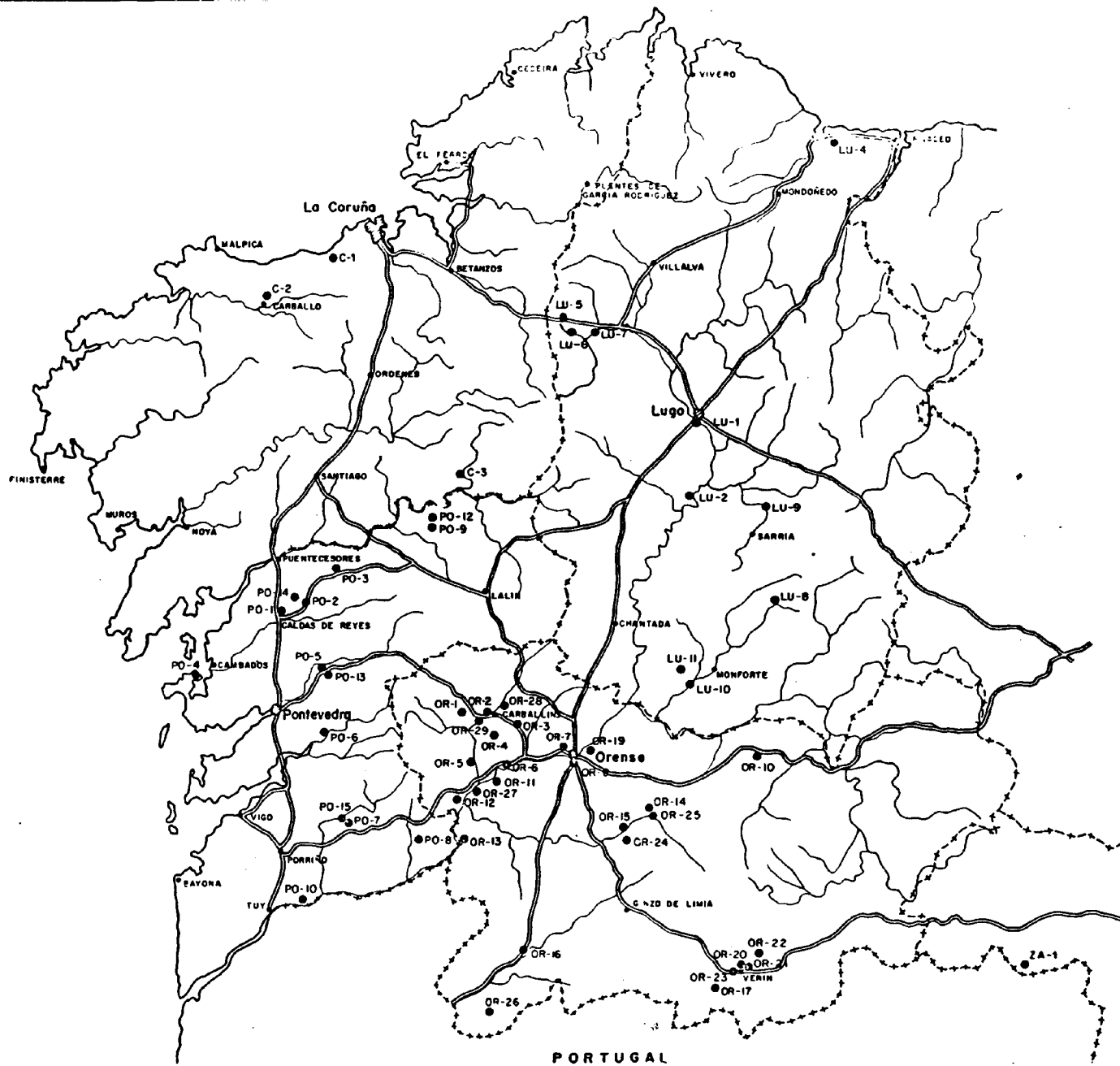
Se recomienda investigar la posibilidad de aplicar técnicas de fracturación artificial en función de la experiencia que se vaya adquiriendo en un futuro inmediato a nivel mundial sobre este tema.

7.3. ESTUDIO DE LAS MANIFESTACIONES TERMALES DE GALICIA, ORIENTADAS A SU POSIBLE EXPLOTACION COMO RECURSOS GEOTERMICOS. (IGME, 1980)

En base a los resultados obtenidos en la Investigación General de las manifestaciones Geotérmicas en el Territorio Nacional, realizada por el IGME en 1975, se seleccionaron distintas áreas de España.

Una de ellas, debido a la existencia de numerosas manifestaciones termales y a su elevada temperatura de surgencia, ha sido la Región Gallega. En el año 1980 se ha realizado, por el IGME, un estudio general de toda Galicia, con el fin de delimitar zonas de máximo interés dentro de la citada Región.

El trabajo fundamental ha sido revisar, actualizar y ampliar el inventario de manifestaciones termales realizado en el Proyecto del año 1975. En este se censaron 46 fuentes calientes repartidas en 39 puntos: 3 en La Coruña, 5 en Lugo, 23 en Orense, 14 en Pontevedra y 1 en Zamora.



Durante la ejecución de este nuevo proyecto, se ha enriquecido el inventario a 85 fuentes termales o presumiblemente termales, repartidas en 58 puntos. La distribución por provincias es la siguiente: 7 en La Coruña, 12 en Lugo, 42 en Orense, 22 en Pontevedra y 2 en Zamora.

En 72 de estos puntos se han recogido muestras para análisis hidroquímicos, con el objeto de conocer las características químicas de los fluidos termales y su temperatura "base", mediante el empleo de geotermómetros hidroquímicos. De algunas de ellas también se analizan los isótopos estables del agua: tritio, deuterio y oxígeno-18.

En 13 puntos no fué posible la recogida de muestras debido a diversas circunstancias, las más corrientes, invasión de las fuentes por embalses o estar cerrados los balnearios - donde son utilizadas.

Es importante reseñar la gran densidad de manifestaciones termales en la zona occidental de la provincia de Orense y en la mitad norte de Pontevedra.

La presente síntesis se va a centrar solo en la provincia de Orense, objetivo del actual estudio.

7.3.1. ESTUDIOS DETALLADOS

Para los estudios detallados de las manifestaciones termales de Galicia, se han agrupado estas por proximidad y entornos. De esta forma se describen varias zonas donde las concentraciones de puntos termales son numerosas.

En la provincia de Orense se estudian 4 de estas zonas; 3 tienen una clara delimitación:

- 1 - Zona occidental de la Provincia
- 2 - Alrededores de Orense ciudad
- 3 - Baños de Molgas - Junquera de Ambia

La cuarta comprende el resto de la provincia; aunque por su proximidad y características comunes podría delimitarse otra zona en Verín y su entorno, con cinco manifestaciones.

Para cada una de estas zonas se ha seguido la misma metodología de estudio:

- Síntesis geológica.
- Hidroquímica.
- Análisis isotópicos.
- Termometrías hidroquímicas.

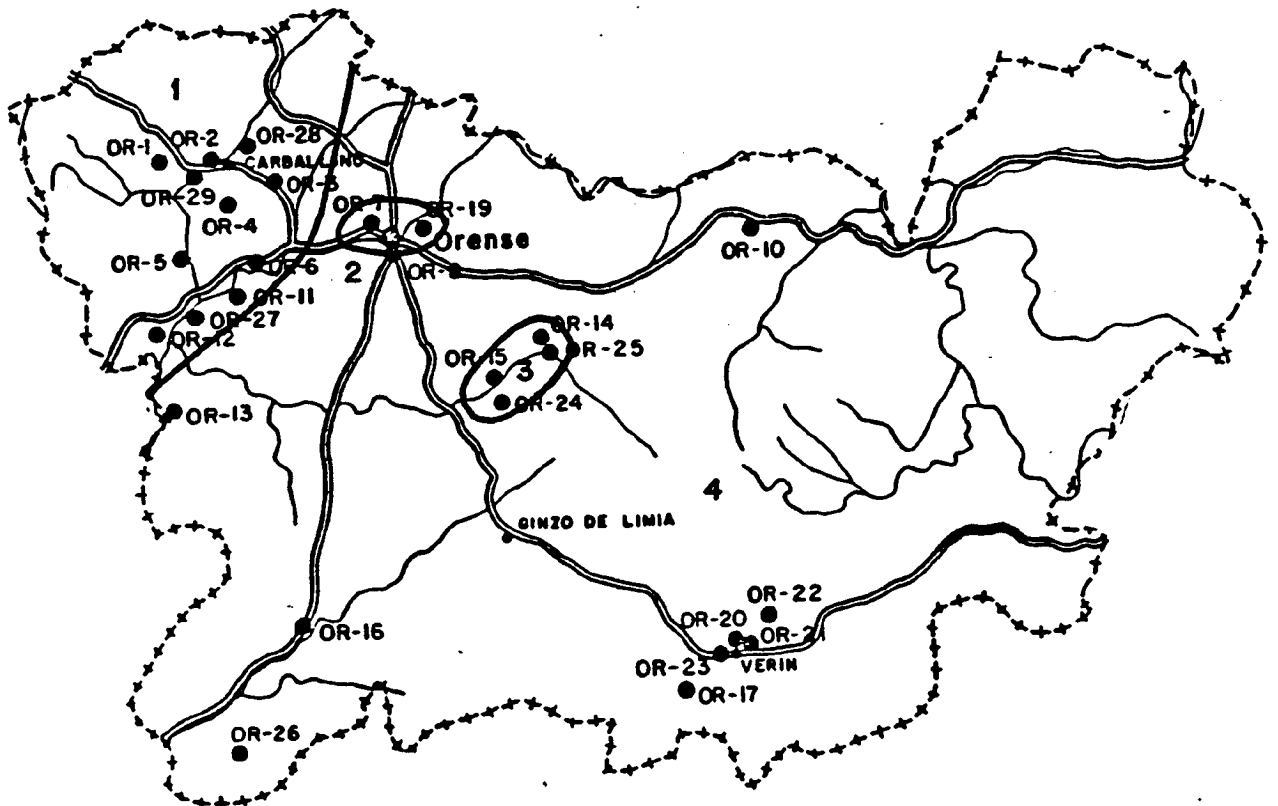
7.3.2. ZONA 1. ZONA OCCIDENTAL DE LA PROVINCIA DE ORENSE

La zona abarca parte de las hojas 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional 187 (Orense) y 225 (Ribadavia).

Son 15 las manifestaciones termales de este área: OR-1, 1-a; OR-2; OR-3; OR-4a, 4b, 4c; OR-5; OR-6; OR-11; OR-12a, - 12b; OR-27; OR-28 y OR-29. (Ver cuadro adjunto).

Los materiales aflorantes abarcan edades comprendidas entre el Precámbrico y los más recientes cuaternarios.

MANIFESTACIONES TERMALES DE LA PROVINCIA DE ORENSE



- 1.- Zona Occidental de la Provincia de Orense
- 2.- Alrededores de Orense
- 3.- Baños de Molgas - Junquera de Ambia
- 4.- Resto de la Provincia

7.3.2.1. HIDROQUIMICA

Los datos de los análisis químicos se han representado en un diagrama de PIPER, con el objeto de determinar a que facies hidroquímica pertenecen estas aguas.

Son bicarbonatadas sódicas. La variación catiónica es mínima, todas quedan situadas en el vértice $\text{Na}^+ + \text{K}^+$; en cambio los aniones están más dispersos, pero situados dentro de la zona de bicarbonatos + carbonatos.

Estas aguas tienen pocas sales disueltas, no sobrepasan los 350 mgr/l. El pH está comprendido entre 7'4 y 9'1. Los contenidos en SiO_2 son altos, por encima de 26 p.p.m.

7.3.2.2. ANALISIS ISOTOPICOS

Con este objetivo se han recogido nueve muestras dentro de esta parte del occidente de la provincia de Orense.

- Tritio

Se ha determinado el contenido en tritio con el fin de conocer si los diferentes fluidos termales en su ascensión, han sufrido mezclas con aguas de circulación somera.

<u>DENOMINACION</u>	<u>TRITIO (U.T.)</u>	<u>18 O (SMOW)</u>	<u>D% (SMOW)</u>
OR-1 Baños San Pedro de Brues	11'1 <u>+</u> 1'5	-7'3	-42'8
OR-2 Balneario de Carballino	3'5 <u>+</u> 1'5	-7'5	-57'6
OR-3 A. Rañoa-Maside	2'3 <u>+</u> 1'3	-6'5	-37'1
OR-4a Caldas de Partovia	1'4 <u>+</u> 2'5	-6'1	-40'1
OR-4b Caldas de Partovia	2'2 <u>+</u> 2'5	-7'3	-37'4
OR-5 Balneario de Beran	4'2 <u>+</u> 1'4	-6'1	-29'9

<u>DENOMINACION</u>	<u>TRITIO U.T.</u>	<u>¹⁸O (SMOW)</u>	<u>D‰ (SMOW)</u>
OR-6 Sta.Eulalia de Layas	16'7+1'6	-7'1	-45'5
OR-12a Baños de Prexiqueiro	7'0+1'4	-5'7	-29'9
OR-12b Fte.de Prexiqueiro	2'5+1'4	-7'0	-42'4

Las aguas termales OR-2; OR-3; OR-4a y 4b, y la OR-12b, tienen unos tiempos de residencia en el subsuelo superior a los 28 años, y no están mezclados con aguas superficiales frías y recientes. Por el contrario OR-1, OR-5, OR-6 y OR-12a, tienen diferentes proporciones de agua fría.

- Isótopos estables

La dispersión de la nube de puntos se realiza prácticamente a lo largo de la recta de las aguas meteóricas, debiéndose al efecto de continentalidad. Los valores de δ son más negativos según nos alejamos de la costa. (Diagrama adjunto).

La relación de las aguas muestreadas responde a la recta:

$$D = 9'14\delta \text{ } ^{18}\text{O} + 20'2$$

El exceso de deuterio vale 20'2‰, lo cual es normal en ciertas zonas costeras.

La deriva de oxígeno es escasa y por tanto se puede afirmar que no existe fraccionamiento por vaporización, ni intercambio con las rocas ígneas que constituyen los potenciales -almacenes.

7.3.2.3. TERMOMETRIAS HIDROQUIMICAS

Para el ,cálculo de la temperatura media del posible al macén geotérmico se han utilizado los geotermómetros que dan resultados más coherentes y que son: cuarzo conducción, cuarzo (Siever), Na-K-Ca y equilibrio albita-anortita. (Ver cuadro adjunto.

Si estas temperaturas medias del almacén se deben a gradientes geotérmicos normales, $0'03^{\circ}\text{C}/\text{m}$, y suponiendo una temperatura media ambiente de 13°C , la profundidad del almacén oscila entre los 2.000 y 3.500 m aproximadamente.

7.3.3. ZONA 2. ALREDEDORES DE ORENSE

Esta zona se encuentra entre cuatro Hojas 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional: 187 (Orense); 188 (Nogueira de Ramuin); 225 (Ribadavia) y 226 (Allariz).

Tres son los puntos donde se encuentran las manifestaciones termales: La Fuente del Tintero -47°C ; Las Burgas, con cuatro salidas y temperaturas entre 41 y 70°C ; el tercero son los Baños de Mende, en los que hay 5 manantiales entre 27° y 37°C .

Los materiales que afloran en la zona son paleozoicos, granitos y granodioritas.

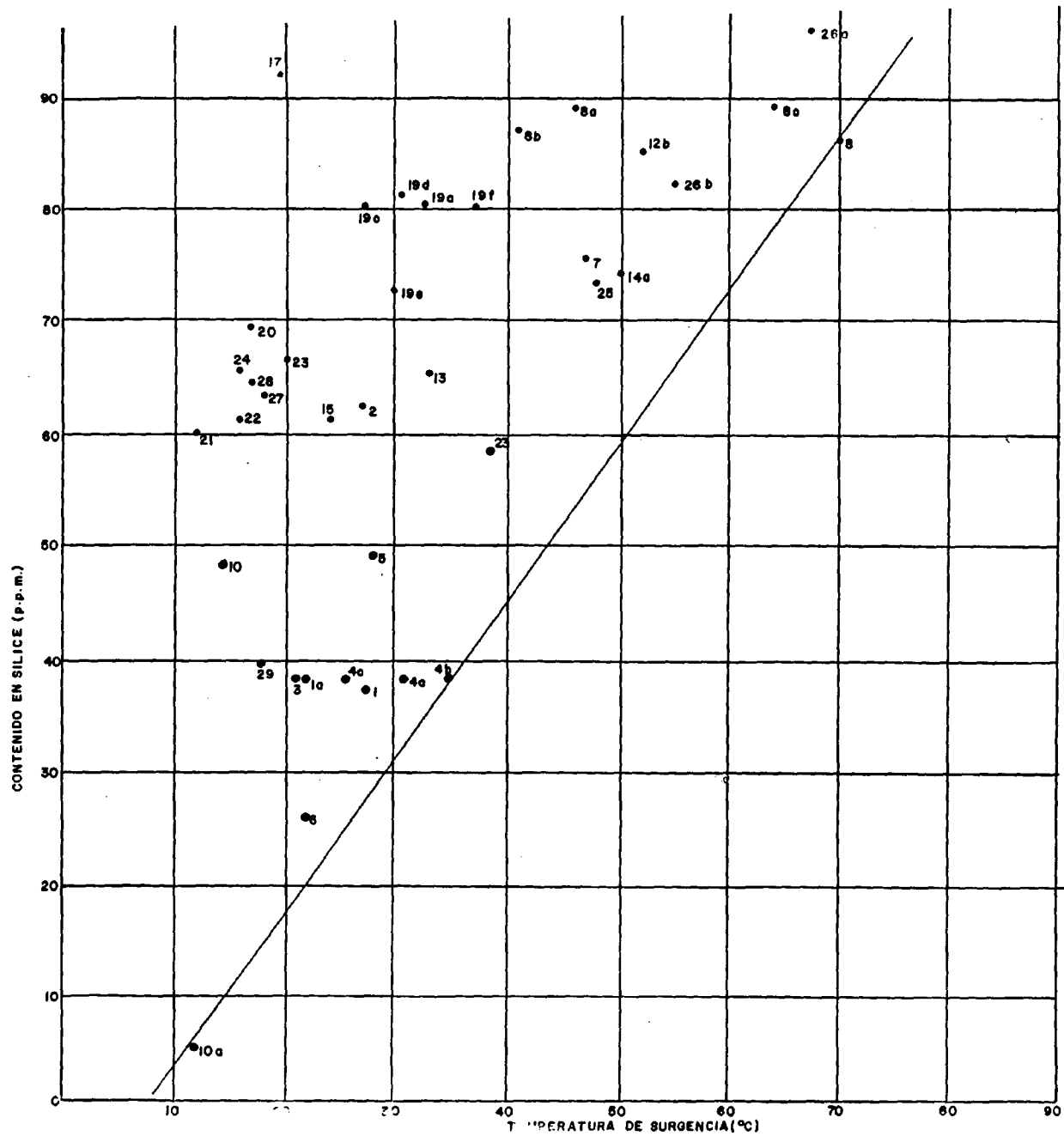


DIAGRAMA COMPARATIVO ENTRE
CONTENIDO EN SILICE Y TEMPERA-
TURA DE SURGENCIA

- MUESTRA EQUILIBRADA
- MUESTRA NO EQUILIBRADA

DIAGRAMA DE TIPO DE LAS AGUAS
DE ORENSE

Graf. 96

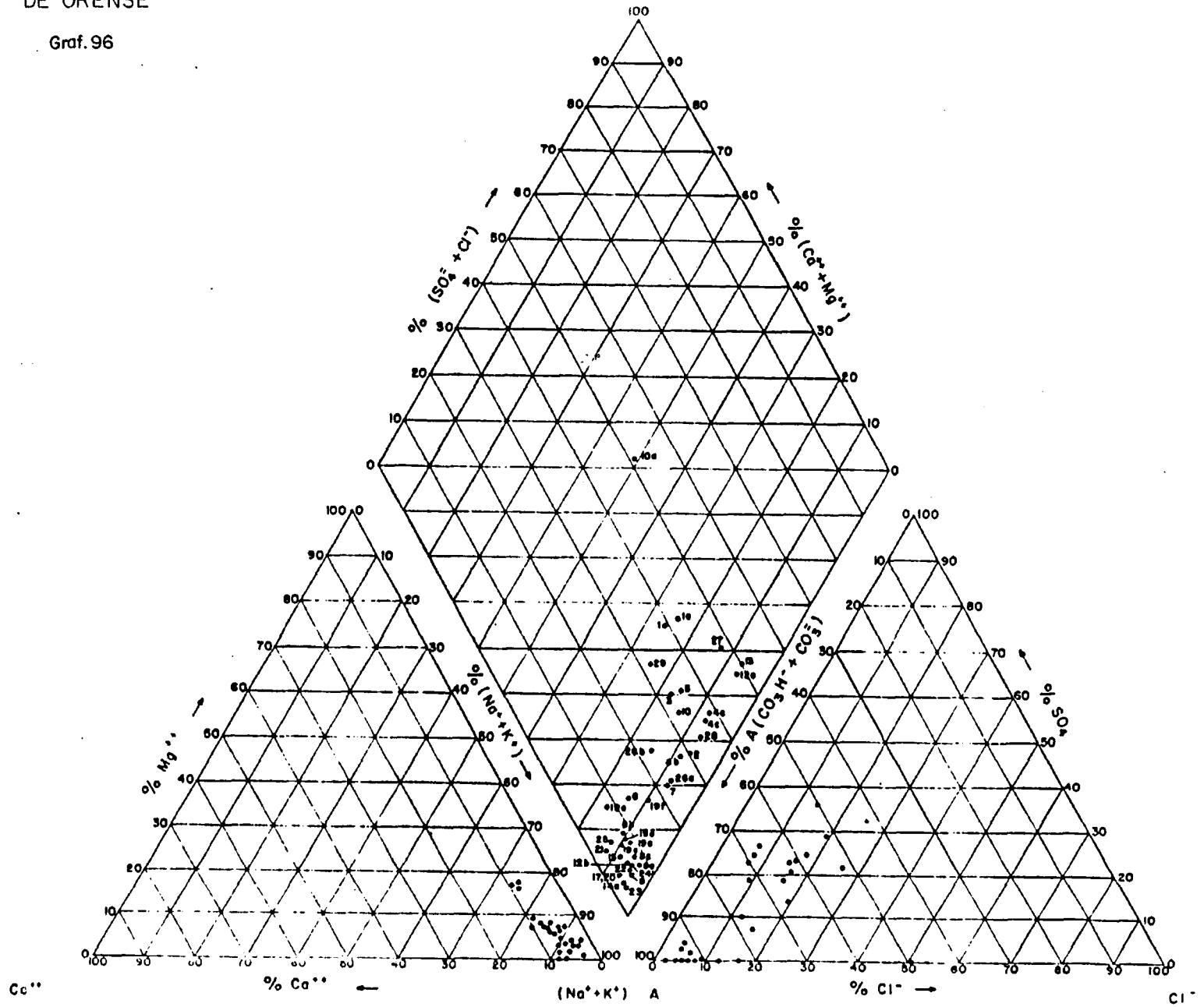
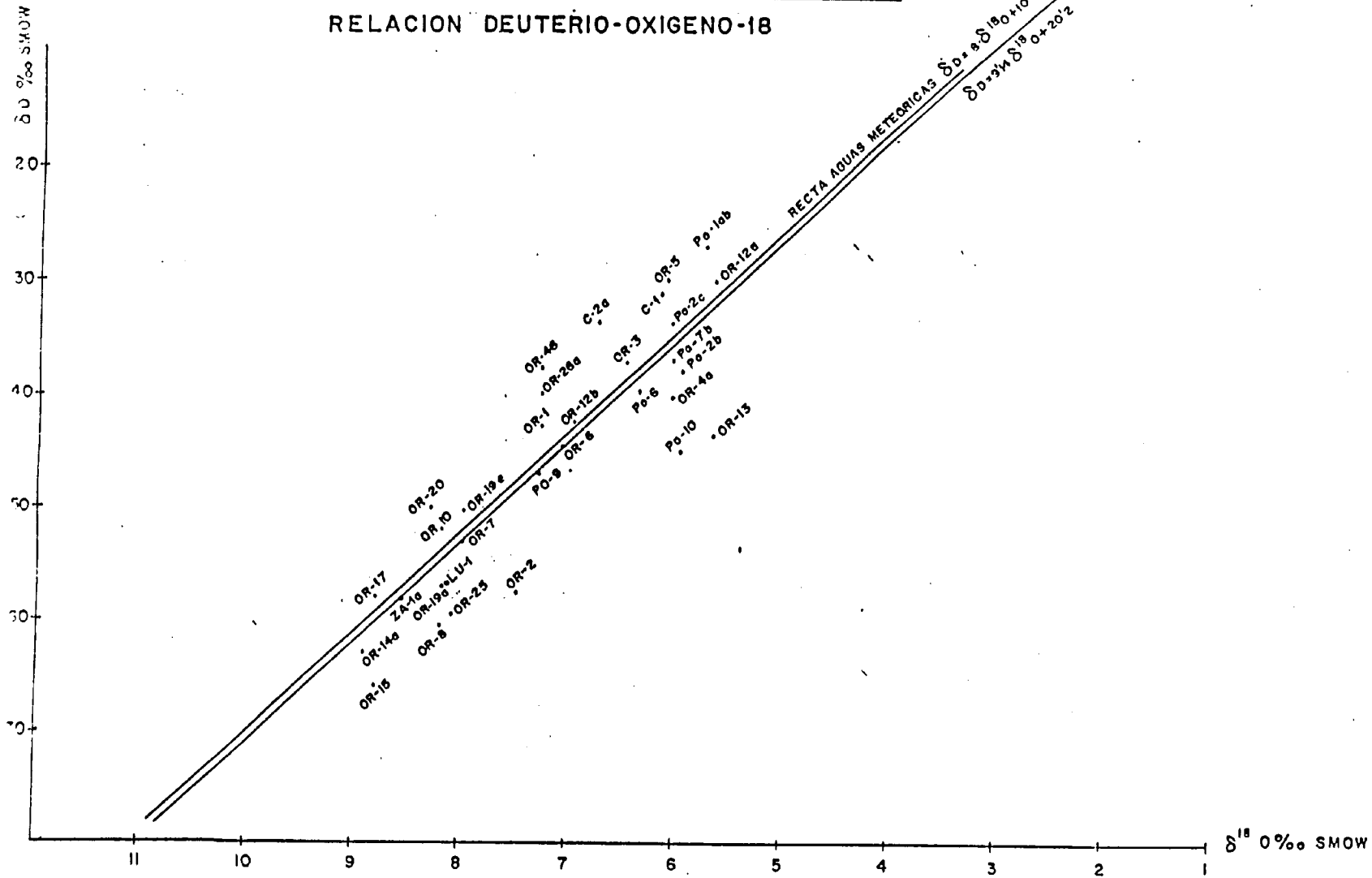


GRAFICO 97

RELACION DEUTERIO-OXIGENO-18



7.3.3.1. HIDROQUIMICA

Son aguas bicarbonatadas sódicas. La dispersión es míma y es especial en lo que se refiere a los cationes, que se encuentran muy concentrados en el vértice $\text{Na}^+ + \text{K}^+$.

El total de sólidos disueltos es de 700 a 800 mgr/l, excepto en OR-7 que no supera los 400 mgr/l.

El pH oscila entre 7'5 y 8'2.

Los contenidos en sílice son muy altos, entre 72 y 89 - p.p.m.

7.3.3.2. ANALISIS ISOTOPICOS

Se han tomado muestras de 4 manifestaciones termales para analizar su contenido en tritio, deuterio y oxígeno 18.

- Tritio

Los resultados de los análisis isotópicos son los siguientes:

<u>DENOMINACION</u>	<u>TRITIO (U.T.)</u>	<u>18O‰ (SMOW)</u>	<u>D‰ (SMOW)</u>
OR-7 Fuente del Tintero	4'5 ± 1'6	-8'0	-53'1
OR-8 Burgas de Emmedio	6'3 ± 2'8	-8'2	-60'6
OR-19a Baños de Mende	1'9 ± 1'7	-8'2	-56'4
OR-19b Baños de Mende	4'6 ± 1'8	-8'0	-50'4

Solamente la muestra OR-19a tiene un contenido en tritio menor de 3'08 U.T. y por tanto un tiempo de residencia en el almacén superior a 28 años. Las otras 3 muestras tienen valores ligeramente superiores a la concentración residual del año 1952. Si se tiene en cuenta el error analítico, por defecto, tendrían valores muy cercanos al 3'08 U.T. De no ser así la proporción de mezcla sería poco significativa.

- Isótopos estables

La dispersión de la nube de puntos se realiza prácticamente a lo largo de la recta de las aguas meteóricas, debiéndose al efecto de continentalidad. Los valores de δ son más negativos según nos alejamos de la costa. En el gráfico se han representado todas las aguas termales de Galicia y todas se corresponden a la misma recta ya descrita:

$$D = 9'14\delta \text{ } ^{18}\text{O} + 20'3$$

7.3.3.3. TERMOMETRIAS HIDROQUIMICAS

Para el cálculo de las temperaturas medias del posible almacén geotérmico se han utilizado, en toda Galicia, los mismos geotermómetros ya mencionados en la Zona 1.

En el caso de las Burgas, 4 surgencias, y Baños de Mendé, 5 surgencias, las temperaturas medias calculadas muestran una asombrosa coincidencia: 129°C las cuatro primeras y 122°C las siguientes; que justifica la aplicabilidad de los equilibrios termodinámicos para el cálculo de las temperaturas del almacén en profundidad.

7.3.4. ZONA 3. BAÑOS DE MOLGAS. JUNQUERA DE AMBIA

Estas manifestaciones se localizan en la zona central - de la Hoja 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional N°226 (Allariz).

Son cinco puntos termales, tres ubicados en Baños de Molgas y dos en las proximidades de Junquera de Ambia.

El Balneario de Molgas (OR-14a) 50°C, el lavadero del pueblo (OR-25) con 48°C y la Charca invadida por el río. Al N de Junquera está la Fuente Bañino (OR-15) 24°C y al S. los Baños de Porteira (OR-24) con 16°C.

Los materiales de la zona son diversos tipos de granitos.

7.3.4.1. HIDROQUIMICA

Estas muestras se encuentran representadas en el diagrama general de PIPER de toda la provincia de Orense.

Se puede decir lo mismo que de las anteriores, Zona 1 y 2. Pertenecen a la facies bicarbonatada sódica.

Son aguas más salinas que las de las zonas anteriores, superan los 900 mgr/l. El pH oscila entre 7'5 y 7'6.

Los contenidos en sílice son altos entre 61 y 74 p.p.m.

7.3.4.2. ANALISIS ISOTOPICOS

Se han muestreado tres de las manifestaciones termales para determinar su contenido en tritio, deuterio y oxígeno -¹⁸.

- Tritio

Los resultados de los análisis isotópicos son los siguientes:

<u>DENOMINACION</u>	<u>TRITIO U.T</u>	<u>¹⁸O‰ (SMOW)</u>	<u>D‰ (SMOW)</u>
OR-14a Balneario de Molgas	3'0+1'8	-8'9	-62'7
OR-25 Lavadero Baños Molgas	2'7+1'5	-8'1	-59'7
OR-15 Fuente Bañino	1'8+1'7	-8'8	-66'0

Como se observa, las tres muestras, tienen unos contenidos en tritio más bajos que la concentración residual del año 1952, y por tanto su antigüedad es mayor de 28 años. No ha habido mezcla con aguas superficiales y son representativas de los fluidos termales profundos.

- Isótopos estables

La dispersión de la nube de puntos se realiza prácticamente a lo largo de la recta de las aguas meteóricas, debiéndose al efecto de la continentalidad. Los valores de δ son más negativos según nos alejamos de la costa, todas las aguas están en el mismo gráfico. Es una recta definida por:

$$D = 9'14\delta^{18}\text{O} + 20'2$$

paralela a la recta tipo definida por CRAIG.

7.3.4.3. TERMOMETRIAS HIDROQUIMICAS

Se han utilizado los mismos geotermómetros que en las zonas anteriores. Los resultados se pueden ver en el cuadro resumen.

Las temperaturas más altas pertenecen a la localidad de Baños de Molgas 123°C y 121°C, correspondientes a las surgencias de 50°C y 48°C. En Junquera las temperaturas medias del almacén son algo menos elevadas 114°C y 107°C.

7.3.5. ZONA 4. RESTO DE LA PROVINCIA DE ORENSE

Son nueve manifestaciones termales, 5 de las cuales se encuentran concentradas en Verín. Las de Verín son las siguientes: Balneario de Requejo (OR-17), 19'5°C; Balneario de Son--sas (OR-20), 17°C; Balneario de Cabreiroa (OR-21), 12°C; Fuente del Sapo (OR-22), 16°C; Balneario de Fontenova (OR-23), - 20°C. Los Baños del Monte de Cortegada (OR-13) tienen 33°C. La de San Juan de Baños (OR-16) está cubierta por el embalse de las Conchas. En el río Caldo, en Lovios, están la OR-26a - 67°C y OR-26b, 55°C. Por último próximo a Castro-Caldelas está la OR-10 -Fuente del Baño- con 14'5°C; a escasos metros de ésta última se tomó la OR-10a que es de agua fría.

7.3.5.1. HIDROQUIMICA

Todas estas aguas, excepto la OR-10a que pertenece a - aguas de circulación somera, corresponden al tipo de las bi--carbonatadas sódicas.

Las aguas de Verín tienen todas una composición muy semejante, perteneciendo con toda seguridad a un mismo almacén geotérmico. El pH varía entre 6'6 y 7'2. Son aguas con bastantes sales disueltas, entre 1.000 y 3.200 mgr/l. La SiO₂ está entre 60 y 69 p.p.m., excepto en la OR-17 que son 92 p.p.m.

El resto de las aguas presenta mayor dispersión. Son menos salinas que las de Verín, no suelen llegar a los 200 mgr/l de sólidos disueltos. Sus pH son mayores y los contenidos en SiO₂ también son altos, sobre todo en el río Caldo (OR-26a y 26b).

7.3.5.2. ANALISIS ISOTOPICOS

De seis de estos puntos se han tomado muestras para su estudio isotópico.

- Tritio

Las determinaciones de tritio han dado los siguientes - resultados:

<u>DENOMINACION</u>	<u>TRITIO U.T.</u>	<u>¹⁸O‰ (SMOW)</u>	<u>D‰ (SMOW)</u>
OR-10 Fte. de Baño	4'3 <u>±</u> 2'5	-8'2	-60'6
OR-13 Baños del Monte	5'3 <u>±</u> 1'8	-5'7	-43'7
OR-17 Balneario de Requejo	8'2 <u>±</u> 1'8	-8'8	-58'0
OR-20 Balneario de Sousas	0'0 <u>±</u> 1'7	-7'3	-49'9
OR-26a Río Caldo	8'3 <u>±</u> 2'4	-8'6	-40'0

En principio se puede decir que solo la OR-20 tiene una antigüedad superior a 28 años. La OR-10 también se podría incluir porque el error analítico por defecto da contenido inferior a 3'08 U.T.

El resto tiene mezcla con aguas superficiales y los cálculos termométricos darán temperaturas inferiores a las reales.

- Isótopos estables

Es incidir en lo repetido en las anteriores zonas, al estar todas las aguas de Galicia representadas en el mismo gráfico, n°97.

7.3.5.3. TERMOMETRIAS QUIMICAS

Se han utilizado los mismos geotermómetros que en las otras zonas. Los resultados se reflejan en el cuadro resumen.

La zona de Verín, representada por cinco manifestaciones, parece importante, con una temperatura mínima de almacén de 116°C. También tiene gran importancia las surgencias del río Caldo, tanto por su temperatura de surgencia, como por su caudal y por la temperatura calculada.

7.3.6. CONCLUSIONES

7.3.6.1. GEOLOGICAS

- Los materiales de Galicia han sido plegados durante las orogenias precámbricas y hercínicas.
- Tras la fase principal de deformación la cadena sufrió un levantamiento progresivo y, después de las últimas fases, pasó a ser un zócalo rígido.
- Recientemente, en el Mioceno Superior-Plioceno, Galicia ha sufrido una serie de esfuerzos y ha reaccionado a éstos, fracturándose por zonas de debilidad pre-existentes, dando una tectónica de bloques.
- Por alguna de estas fracturas se sitúan las manifestaciones termales.

7.3.6.2. HIDROGEOLOGICAS

- Los materiales que forman Galicia presentan pocas posibilidades desde el punto de vista hidrogeológico, por la falta de porosidad en los mismos.
- Los únicos acuíferos son los formados por alteración "in situ" de las rocas ígneas.
- Las zonas fracturadas ofrecen permeabilidades buenas, y es en ellas donde se localizan las fuentes termales.
- Los caudales no suelen sobrepasar los 2 l/seg.

- Las zonas de recarga, de estas fuentes, se sitúa en los interfluvios y en los mismos cursos del agua, siendo buena esta recarga por la alta pluviometría.
- El agua circula a través de fracturas hasta el almacén geotérmico, y de aquí asciende por zonas falladas hasta la superficie. Se estima entre 1.000 y 2.000 m la profundidad del almacén geotérmico, teniendo en cuenta las temperaturas "base".
- La descarga se produce en las zonas topográficamente más bajas. Es posible que muchas manifestaciones termales no se conozcan al surgir en los mismos cauces fluviales.
- Los caudales de las manifestaciones termales suelen ser bastante constantes, lo que implica, en principio, un gran almacén en profundidad.
- La mayor concentración de fuentes termales se sitúan en la zona occidental de la provincia de Orense.

7.3.6.3. HIDROQUIMICAS

- Las aguas termales de Orense son bicarbonatadas sódicas, evolucionando hacia este tipo según aumenta el contenido en sílice.

7.3.6.4. ISOTOPICOS

- Se han recogido 21 muestras para determinar su contenido en Tritio, Deuterio y Oxígeno-18.

- Las determinaciones de tritio indican que 10 de las manifestaciones muestreadas, tienen una antigüedad superior a los 28 años. Otras nueve tienen pequeñas mezclas de aguas recientes, y por último las OR-1 y OR-6 corresponden a aguas mezcladas con importantes cantidades de aguas superficiales.
- La relación $^{18}\text{O}/\text{D}$ se ajusta a una recta definida por $\text{D} = 9'14\delta \text{ }^{18}\text{O} + 20'2$, sensiblemente paralela a la propuesta por CRAIG para las aguas meteóricas. Por tanto, los fluidos termales, tienen su origen en infiltraciones de agua de lluvia y su posterior calentamiento en profundidad.
- La deriva del ^{18}O es en todos los casos pequeña, por lo que se puede afirmar que no ha habido enriquecimiento isotópico, por intercambio con la roca almacén, a causa de temperaturas altas, ni fraccionamiento por existencia de fase vapor.

7.3.6.5. GEOTERMOMETRICOS

- Las temperaturas de surgencia de los fluidos termales de Galicia son muy elevadas. Las Burgas (64°C a 70°C), los manantiales del río Caldo (67°C), Balneario de Cuntis (68°C), etc.
- La utilización de los diferentes equilibrios termodinámicos para calcular las temperaturas en profundidad, dan buenos resultados, excepto la sílice amorfa y en bastantes casos los métodos Na-K.

- Los geotermómetros más fiables, son los de cuarzo por enfriamiento en cualquiera de sus dos modalidades, Na-K-Ca y equilibrio albita-anortita.
- El 37%, de las manifestaciones termales de Orense, tienen una temperatura media, en profundidad, superior a los 120°C. Esto supone 15 manifestaciones.
- Las manifestaciones más importantes: Las Burgas (129°C) y Río Caldo (130°C) van acompañadas de importantes caudales, 13 y 17 l/seg. respectivamente.

7.3.7. RECOMENDACIONES

7.3.7.1. HIDROGEOLOGICAS

Convendría realizar aforos periódicamente de las fuentes termales, con el fin de conocer con exactitud la posible constancia del flujo, lo que indicaría un presumible gran almacén geotérmico.

7.3.7.2. HIDROQUIMICAS

Análisis periódicos para detectar posibles variaciones en las calidades de los fluidos termales.

Análisis químicos de microconstituyentes tales como el Fe, B, F, NH₄, Hg, SH₂, Li, Cs, As, etc.

Análisis de gases, CH₄, SH₂, N₂, CO₂, etc.

7.3.7.3. ISOTOPICAS

Convendría el completar los análisis de Tritio, Deuterio y Oxígeno-18 a las fuentes termales no muestreadas, así como a aguas superficiales con el fin de compararlos.

También sería interesante realizar análisis de carbono-14, ya que los contenidos en tritio son muy bajos, para conocer con mayor exactitud la edad de los fluidos.

Podrían realizarse termometrías isotópicas como C^{13}/C^{12} , D/H , O^{18}/O^{16} , para compararlas con las ya realizadas.

7.3.7.4. GEOFISICAS

Se recomienda el realizar campañas de geofísica especialmente magnetometría, gravimetría y eléctrica, con el fin de acotar en una primera fase las posibles localizaciones de los almacenes geotérmicos.

En una segunda fase se utilizarían métodos más sofisticados a fin de determinar con la mayor precisión la geometría del yacimiento y su profundidad.

7.3.7.5. MEDIDAS DEL FLUJO CALORIFICO

Convendría hacer medidas del gradiente geotérmico, mediante sondeos realizados para este fin; así como tomas de muestras de los sondeos para medidas en laboratorio de la conductividad térmica de estos materiales, con el fin de conocer el valor del flujo calorífico.

7.4. INVESTIGACION GEOTERMICA DE ROCAS CALIENTES SECAS EN LA ZONA SEPTENTRIONAL DE LA PROVINCIA DE ORENSE (IGME - 1982)

La finalidad de este estudio era investigar una parte de la provincia de Orense. En esta parte, la zona septentrional, las manifestaciones termales son muy abundantes, con temperaturas de surgencia cercanas a los 70°C, y asociadas a fallas profundas generalmente en rocas de tipo granítico.

Para conseguir los fines del proyecto, se realizaron los siguientes trabajos:

- Estudio geológico encomendado al conocimiento de la fracturación de la zona.
- Estudio geoquímico consistente en la caracterización química de las aguas termales, y el cálculo de las temperaturas de equilibrio roca-fluido en profundidad. También se estableció una malla geoquímica, encaminada al reconocimiento de anomalías, como consecuencia de procesos de mezcla de fluidos termales con aguas frías.

- Estudio de gases en las surgencias térmicas para cálculos geotermométricos.
- Geofísica, que consistió en una malla de Sondeos Audio-Magneto-Telúricos (S.A.M.T.) para delimitar zonas anómalas de origen geotérmico; Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.) para localizar zonas conductoras de origen termal y perfiles de autopotencial con los mismos fines.

7.4.1. FRACTURACION

Para realizar el estudio de fracturación se siguió la siguiente metodología:

- Fotointerpretación de la red de fracturación sobre fotografías aéreas a escala 1/33.000.
- Medidas de la orientación y longitud de cada una de ellas.
- Representación en un histograma de los datos para cada una de las zonas en que se dividió el estudio.
- Estudio estadístico de cada familia de fracturación.

Las zonas en que se dividió el área investigada fueron Carballino, Orense, Ribadavía, Maceda y Junquera de Ambia. Los resultados pueden ser consultados en el cuadro adjunto.

	<u>FAMILIA</u>	<u>CARBALLINO</u> (731 Fract.)	<u>ORENSE</u> (773 Fract.)	<u>RIBADAVIA</u> (357 Fract.)	<u>MACEDA</u> (144 Fract.)	<u>JUNQUERA</u> (242 Fract.)	<u>MEDIA</u> (2.250 Fract.)
SET 1	AMPLITUD SET	10 ^º - 60 ^º	3 ^º - 68 ^º	5 ^º - 52 ^º	3 ^º - 66 ^º	9 ^º - 66 ^º	7 ^º - 66 ^º
	N ^º FRACTURAS	294 (40'2%)	361 (46'6%)	125 (34'9%)	75 ^º (50'3%)	121 (50%)	973 (43'2%)
	ORIENTACION	N 35 ^º	N 35 ^º	N 27 ^º	N 34 ^º	N 35 ^º	N 35 ^º
	LONGITUD	2.011'8 m.	1.675'3 m.	1.948'0 m.	1.205'5 m.	1.467'7 m.	1.778'8 m.
SET 2	AMPLITUD SET	111 ^º - 145 ^º	101 ^º - 152 ^º	109 ^º - 142 ^º	111 ^º - 142 ^º	111 ^º - 153 ^º	96 ^º - 146 ^º
	N ^º FRACTURAS	138 (18'8%)	129 (27'5%)	73 (20'3%)	24 (16'5%)	45 (18'5%)	529 (23'5%)
	ORIENTACION	N 129 ^º	N 129 ^º	N 124 ^º	N 128 ^º	N 134 ^º	N 125 ^º
	LONGITUD	1.508'0 m.	1.645'3 m.	1.570'9 m.	1.097'7 m.	1.219'3 m.	1.548'2 m.
SET 3	AMPLITUD SET	147 ^º - 180 ^º	154 ^º - 180 ^º	114 ^º - 183 ^º	152 ^º - 174 ^º	156 ^º - 183 ^º	148 ^º - 188 ^º
	N ^º FRACTURAS	153 (20'9%)	120 (15'5%)	87 (24'3%)	27 (18'6%)	42 (17'3%)	449 (19'9%)
	ORIENTACION	N 162 ^º	N 165 ^º	N 163 ^º	N 163 ^º	N 168 ^º	N 163 ^º
	LONGITUD	1.824'4 m.	1.623'5 m.	1.778'7 m.	1.310'7 m.	1.242'7 m.	1.607'0 m.
SET 4	AMPLITUD SET	61 ^º - 110 ^º	69 ^º - 100 ^º	53 ^º - 108 ^º	67 ^º - 110 ^º	67 ^º - 110 ^º	67 ^º - 95 ^º
	N ^º FRACTURAS	124 (16'9%)	71 (10'4%)	62 (17'3%)	17 (11'7%)	26 (10'7%)	214 (9'5%)
	ORIENTACION	N 84 ^º	N 82 ^º	N 82 ^º	N 89 ^º	N 86 ^º	N 80 ^º
	LONGITUD	1.541'3 m.	1.325'2 m.	1.778'7 m.	1.419'5 m.	1.475'3 m.	1.443'7 m.

7.4.2. GEOQUIMICA

Se analizaron químicamente, 36 puntos con implicaciones térmicas y 275 de agua fría, que sirvieron de malla básica para la delimitación de anomalías geotérmicas.

Se estudiaron isotópicamente 23 muestras térmicas y 9 - muestras de agua de lluvia para estudiar las zonas de recarga.

Por último se analizaron 12 muestras de gases.

7.4.2.1. HIDROQUIMICA

Las características de las aguas frías son:

- Baja mineralizaciones. La conductividad oscila entre 50-900 $\mu\text{S cm}^{-1}$.
- pH ácidos. Oscilan entre 4,5 y 7,5.
- Son cloruradas o cloruradas - bicarbonatadas. Son muy frecuentes la contaminación por nitratos.
- El catión dominante es el Na^+ (40-80%) con proporciones muy semejantes de Mg^{++} y Ca^{++} .
- Existe una cierta correlación entre el incremento de K^+ y el incremento de NO_3^-

Con todas estas características se puede suponer que se trate de aguas de lluvia de un origen marino muy próximo y cortos tiempos de residencia en el acuífero.

Las aguas termales tienen las siguientes características:

- Conductividad comprendida entre 190 y 1140 μScm^{-1} .
- pH neutros o básicos. Oscilan entre 7,0 y 9,2.
- Son siempre aguas bicarbonatadas o bicarbonatadas fluoradas. Los nitratos son escasos o nulos.
- El catión dominante es el Na^+ , aunque con porcentajes superiores a las aguas frías.
- Tienen indicadores termales absolutos: SiO_2 , B, F.

7.4.2.2. ESTUDIO ISOTOPICO

- Isótopos estables

Las aguas de lluvia se ajustan a una recta, muy similar a la definida por Graig ($\delta\text{D} = 8\delta\text{O}^{18} + 10$) y que es:

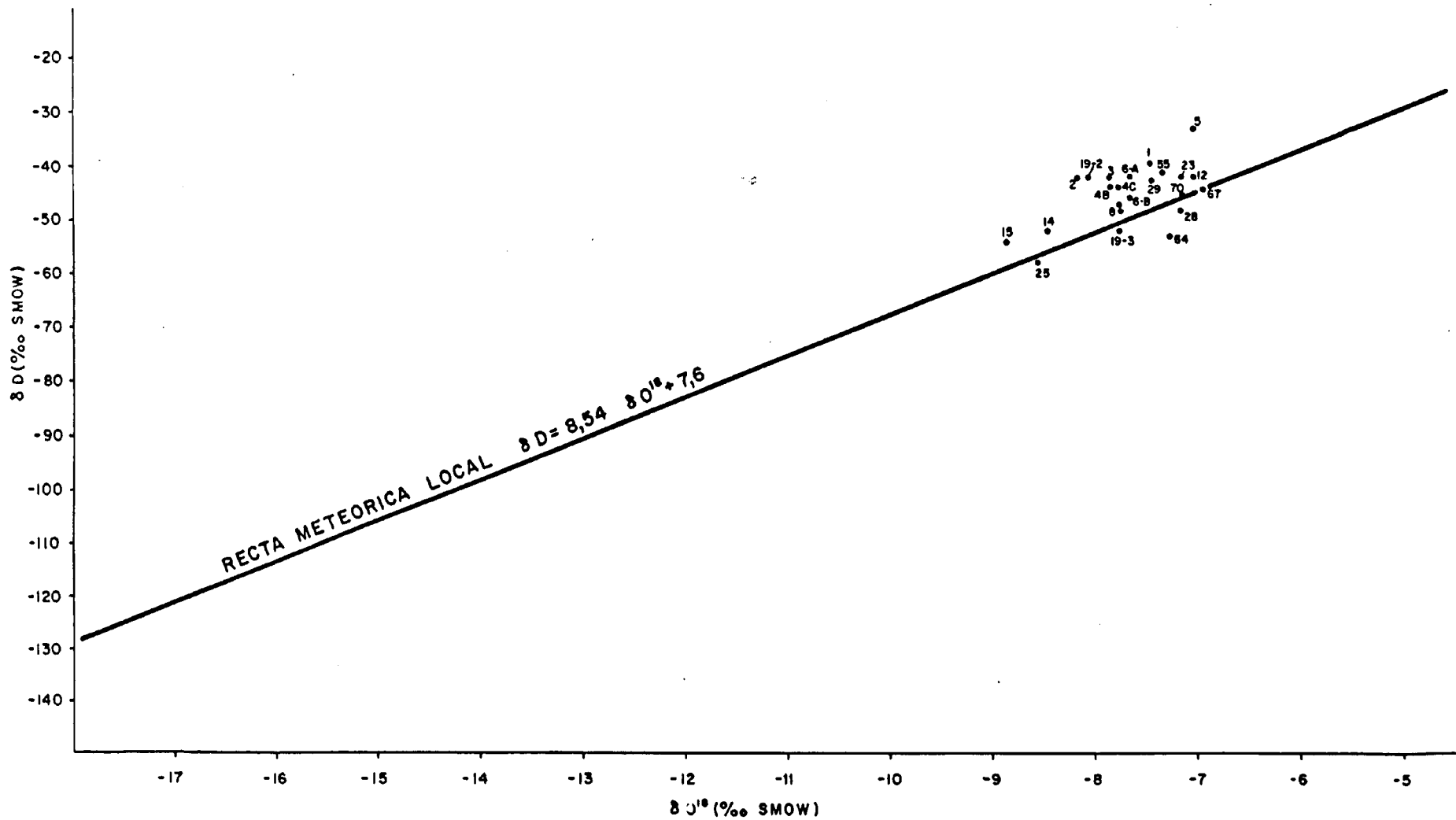
$$\delta\text{D} = 8'54\delta\text{O}^{18} + 7'6$$

Las aguas termales quedan agrupadas en una apretada nube de puntos sin ningún indicio de derivar por vaporización - (grá. n° 98). Este hecho puede ser interpretado en base a dos hipótesis:

- La recarga mayoritaria de las aguas termales se deben a lluvias producidas por frentes atlánticos, que tienen tendencia a valorar isotópicos poco negativos, al igual que las termales. Las pequeñas lluvias orográficas, tormentas estivales, etc, con valores extremos y que no tienen importancia en la recarga de los acuíferos.

GRAFICO 98

RELACION O¹⁸/D PARA LAS AGUAS TERMALES DE ORENSE



- Por la composición isotópica muy similar, las aguas termales deben de tener una zona de recarga común. Esta se ha establecido, mediante el cálculo de las ecuaciones de variabilidad del D y O-18 en los tres ejes de coordenadas espaciales, en un área situada entre Carballino y Cortegada.

- Tritio

Los contenidos en tritio son nulos en 22 de las 23 manifestaciones térmicas muestreadas, lo que indica tiempos de residencia superiores a los 30-35 años y ausencia de mezclas con aguas metaélicas de infiltración reciente. El balneario de Brues, con $7,7 \pm 16$ U.T., corresponde a aguas de lluvias del periodo 1952-53 o bien, a tritio pre-nuclear con un 20-30% de aguas actual.

Estos largos tiempos de residencia en el almacén, permiten aplicar con las máximas garantías las técnicas geotermométricas.

7.4.2.3. GASES

El gas dominante es el nitrógeno con una pequeña proporción de CO_2 endógeno, que sólo sobrepasa el 5% en dos casos: Baños de Molgas (10%) y las Burgas de Orense (11,55%). También hay que destacar la elevada concentración de helio en todas las manifestaciones estudiadas, que supera los 1.000 p.p.m. en el 80% de los casos estudiados. Estos valores indican la existencia de un proceso de acumulación del He en algún tipo de "trampas", que no permiten una rápida desgasificación. Si asociamos este hecho, a los nulos contenidos en tritio, resulta que tanto el gas como el agua debe de estar sometida a largos periodos de residencia en el almacen geotérmico.

RESULTADOS ISOTOPICOS

<u>REFERENCIA</u>	<u>TOPONIMIA</u>	<u>O¹⁸(% S.M.O.W.)</u>	<u>D (% S.M.O.W.)</u>	<u>H³ (U.T.)</u>
OR-1	Bal. de Brues	-7'5	-39'2	7'7 ± 1'6
OR-2	Bal. de Carballino	-8'2	-41'1	0'6 ± 1'6
OR-3	A Rañoa-Maside	-7'9	-42.3	0'3 ± 1'6
OR-4B	Caldas de Partovia	-7'9	-44'3	0'0 ± 1'6
OR-4C	Caldas de Partovia	-7'8	-44'1	0'0 ± 1'6
OR-5	Bal. de Berán	-7'1	-33'3	1'7 ± 1'6
OR-6A	Bal. de Layas	-7'7	-42'0	0'3 ± 1'8
OR-6B	Poza de Layas	-7'8	-47'0	1'0 ± 2'0
OR-7	Fte. del Tintero	-7'7	-46'5	0'0 ± 1'6
OR-8	Burgas de Orense	-7'8	-47'1	0'0 ± 1'0
OR-12B	Baños Prexigueiro	-7'1	-41'9	0'0 ± 1'4
OR-14	Bal. de Molgas	-8'5	-52'3	0'0 ± 1'4
OR-15	Fte. Bañiño-Junquera	-8'9	-53'8	0'0 ± 1'4
OR-19-2	Baños de Mende	-8'1	-41'9	0'4 ± 1'4
OR-19-3	Baños de Mende	-7'8	-52'2	0'0 ± 1'4
OR-25	Baños de Molgas	-8'6	-50'8	0'0 ± 1'5
OR-28	Bañiño del Arco	-7'2	-45'8	1'5 ± 1'8
OR-29	Fte. Ponteriza	-7'5	-42'7	0'0 ± 1'7
OR-61	Bañiño Quintas-Punxín	-7'4	-41'0	1'1 ± 2'0
OR-63	Fte. del Baño-Punxín	-7'2	-42'0	-0'5 ± 1'8
OR-64	Fte. Lavadero-Punxín	-7'3	-53'0	-0'7 ± 1'9
OR-67	Burgas de Abajo- -Otariz	-7'0	-44'0	-1'7 ± 2'0
OR-70	Caldas de Santiago	-7'2	-45'0	-0'4 ± 1'9

ANALISIS DE GASES

<u>N° MUESTRA</u>	<u>TOPONIMIA</u>	<u>H₂O</u>	<u>SO₂</u>	<u>CO₂</u>	<u>CO</u>	<u>CH₄</u>	<u>M₂</u>	<u>O₂</u>	<u>N₂</u>	<u>He</u>
OR-1	Bal. de Brués	--	--	<0,1	-	<0'002	0'0013	11'41	88'44	0'14
OR-4B	Caldas de Partovia	--	--	<0'1	-	<0'002	0'003	9'8	90'2	0'09
OR-6A	Bal. de Layas	--	--	2'66	-	0'174	0'0024	8'88	88'05	0'23
OR-8	Burgas de Orense	--	--	11'66	-	0'031	<0'0006	9'54	78'66	0'097
OR-12A	Baños de Prexigueiro	--	--	0'2	-	0'152	0'0012	9'9	89'3	0'395
OR-14	Balneario de Molgas	0'0049	--	10	-	0'067	0'0032	11'61	78'31	0'126
OR-15	Fte. Bañiño-Junquera	--	--	3'6	-	<0'002	0'0015	12'72	83'34	0'154
OR-19-4	Baños de Mende	--	--	2	-	0'024	0'0018	10'61	87'21	0'129
OR-64	Lavadero-Punxin	--	--	<0'1	-	<0'002	0'0029	10'37	89'52	0'1
OR-68	Burgas de Arriba-Outariz	--	--	1'73	-	0'064	0'0009	10'13	87'9	0'17
OR-69	B. del Molino-Outariz	--	--	0'51	-	0'032	0'0035	11'98	87'35	0'112
OR-70	Caldas de Santiago	0'042	--	2	-	0'025	0'0023	11'2	86'56	0'139

Los resultados están expresados en % del volumen

7.4.2.4. GEOTERMOMETRIAS

Los geotermómetros líquidos adecuados a las características de los granitos implicados en la circulación hidrotermal son:

- Cuarzo conducción
- Calcedonia
- Equilibrio $H_4SiO_4 - K^+ - H^+$
- Equilibrio $Na^+ - K^+$
- Equilibrio $Na - Ca - CO_2$

Las geotermometrías gaseosas aplicadas son:

- $CH_4 - H_2$
- $CH_4 - H_2 - CO_2$
- $CH_4 - H_2 - CO_2 - H_2S$

Este último es el más desarrollado y sus resultados lo más fiables, pero hay que tener en cuenta la facilidad de oxidación del H_2S que falsea los datos. En estas aguas térmicas, son frecuentes las bacterias sulfooxidantes que pueden alterar las medidas del H_2S .

Con la aplicación de los geotermómetros se deduce que, el termalismo de Orense obedece a un proceso de circulación hidráulica de largo tiempo de recorrido y que alcanzan los $50^\circ - 140^\circ C$ en profundidad. En algunas muestras las termometrías gaseosas son superiores a las líquidas, por lo que entonces hay que suponer -- que su origen es más profundo.

MANIFESTACION		Tª sur gen- cia	GEOTERMOMETROS FASE LIQUIDA											GEOTERM. FASE GASEOSA						
N°	Muestra		SILICE						Na/ Li	Na/ K	Ca/ Na	Ca/ K	Na-K-Ca			CH ₄ / H ₂	CH ₄ / H ₂ / CO ₂	CH ₄ / H ₂ / CO ₂ / H ₂ S	Tª estimada agua/gas	
			Am.	ox	cβ	Cal.	Q-c	Qv					Con- ven- cio- nal	Cor CO ₂	Cor Mg					Alb. anox tita
OR-1	Brues	27°				54	85			80	(35)	53	(31)			56	(182)	(144)	55°80'/140°-180°	
OR-2	Carballino	25°				69	99			75	(60)	67	(50)			75			67-75/	
OR-3	A. Rañoa-Maside	22°				54	85			63	(37)	48	(25)			56			50°-80/	
OR-4	Caldas Partovia	34°				51	82			53	(44)	48	(27)			62	(202)	(164)	50°-80'/160°-200°	
OR-5	Berán	28°				64	95	87		53	(45)	48	(28)			67			50°-85/	
OR-6	Layas	48°				87	116			106	137	124	131			108	143	165	85°-145°	
OR-7	Tintero	44°				88	117			72	82	78	67			94			70°-110/	
OR-8	Burgas-Orense	66°				97	125			97	116	109	110			109	130	146	100°-140° *	
OR-12	Prexigueiro	50°				100	127			76	79	78	(66)			99	132	135	120	75°-110°/120°-135°
OR-13	Baños Monte	37°				83	112			60	92	77	68			94				65°-120°/
OR-14	Molgas	47°				88	117			94	122	110	112	105	106				83	83°-120°
OR-15	Bañiño-Junquera	23°				77	107	71		76	111	95	92			96			97	70°-110°
OR-19	Mende	37°				93	122			98	98	99	94			102			95	93°-110°
OR-24	Porteira	17°				83	112	92		79	121	102	102			102				85°-110°/
OR-27	Poza Terreos	20°				79	109			58	69	64	49			84				60°-90°/
OR-28	Bañiño de Arco	18°				81	110			66	67	67	52			85				60°-85°/
OR-29	Ponterriza	18°				54	85			63	(46)	53	(33)			60				53°-85°/
OR-61	Punxín-Quintas	20°				51	82			53	89	73	62			73				50°-90°/
OR-63	Punxín-Paño	26°				56	87				91	67	56			77				56°-90°/
OR-64	Punxín-Lavadero	27°				52	83			90	61	73	57			64	200	163		50°-90°/160°-200°
OR-65	Manzós	19°				51	82			112	71	81	66			63				50°-85°/
OR-67	B.de Abajo (Ont.)	63°				96	124			110	98	104	100			103				96°-115°/
OR-68	B.de Arriba (Ont.)	64°				94	122			112	97	104	99			102	134	146	83	85°-140°
OR-69	B.del Molino (Ont.)	65°				72	102			129	73	96	85			81			128	72°-130°
OR-70	Caldas Santiago	64°				92	120			109	107	108	106			103			127	95°-115° *

(*) LOS RESULTADOS ENTRE PARENTESIS SON ABERRANTES POR MARCADA FALTA DE EQUILIBRIO TERMODINAMICO ENTRE FASE MINERAL Y

7.4.2.5. ANOMALIAS GEOQUIMICAS

Esta delimitación se llevó a cabo en base al contraste químico existente entre las aguas termales y la malla de aguas frías.

La hipótesis de trabajos se basa en suponer la zona químicamente equilibrada, de manera que los acusados contrastes entre ambos tipos de agua sean definitorios de las apariciones directas de fenomenología termal o de posibles mezclas.

Se utilizaron los siguientes contenidos y equilibrios químicos:

- Isocontenidos de SiO_2
- Isocontenidos de Boro
- Isocontenidos de Fluor
- Relación $\lg \text{Na/k}$
- Relación $1/\lg \sqrt{\text{Ca/Na}}$
- Isoequilibrios feldespatos - H_2O

El criterio de cálculo que se siguió fué el representar la distribución estadística de la población de aguas frías y la determinación de la media, una, dos y tres desviaciones típicas:

Las zonas de anomalías coinciden en los seis casos considerados, y se ubican en las siguientes áreas:

- Ciudad de Orense y continuación por el río Miño aguas abajo.
- Eje Cortegada - Ribadavia - Carballino, que se intersecan con la anterior a la altura de Ribadavia.
- Río Arnoya desde Junquera de Ambia a Baños de Molgas.

7.4.3. GEOFISICA

Se emplearon tres técnicas geofísicas

- Sondeos Audio - Magneto - Teluricos (S.A.M.T.)
- Sondeos Eléctrico Verticales (S.E.V)
- Perfiles de autopotencial.

7.4.3.1. SONDEOS AUDIO - MAGNETO - TELURICOS

Se realizaron 229 sondeos distribuidos en una malla aproximada de 2 x 2 km. con frecuencias de exploración de 5, 8, 10, 14, 20, 41, 80, 143, 312, 400, 833 y 2222 Ha

Todas las anomalías detectadas se superponen para todas las gamas de frecuencias y en las dos direcciones de registro. Presentan formas alargadas cuyas direcciones corresponden con direcciones de fracturación N-NE y NO-SE.

Cinco son las anomalías más interesantes:

- La primera se sitúa entre Baños de Molgas, Junquera de Ambia y SW de Taboada. Tiene una dirección E-W y coincide con una zona de baja resistividad en los S.E.V.
- Alrededores de Moreira
- Al NE de Maside a lo largo del río Barbantín
- Al NE de Orense y a ambos márgenes del río Miño
- Al SW de Maside, es de reducida extensión.

7.4.3.2. SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES

Se realizaron 22 S.E.V. de AB=6.000 m a lo largo de tres perfiles de dirección NO-SE, encontrándose variaciones significativas

tivas de la resistividad al SE de Maside y O de Junquera de Ambia.

En la zona de Junquera de Ambia se realizaron 24 S.E.V. de AB = 4.000 m, a lo largo de 5 perfiles. El granito presenta resistividades muy variables, entre 200 - 8000 m. Se detectaron dos zonas anómalas posiblemente con implicaciones geotérmicas.

7.4.3.3. PERFILES DE AUTOPOTENCIAL

Se realizaron dos perfiles a lo largo del río Miño aguas abajo de la ciudad de Orense. Sólomente el tramos más alejado de Orense es aceptable, puesto que el resto está totalmente influenciado por el ruido industrial de Orense. Estas mismas perturbaciones afectaron a los S.A.M.T. Con este tramo se observa un máximo y dos mínimos de difícil interpretación dado su carácter aislado.

También se realizaron medidas de autopotencial en Junquera de Ambia, detectándose una serie de anomalías que coinciden con direcciones de fracturación y surgencias termales.

7.4.4. RECOMENDACIONES

Después de todos los trabajos realizados en esta zona, se deduce la existencia de anomalías térmicas que tienen su reflejo en superficie, con la presencia de surgencias termales asociadas a fracturas reactivadas en las últimas fases del ciclo alpino.

Estas zonas son detectadas con gran nitidez mediante técnicas geoquímicas, y en algunos casos, con los distintos métodos utilizados en la exploración geofísica. Por lo tanto estas áreas anómalas deben de ser reconocidas.

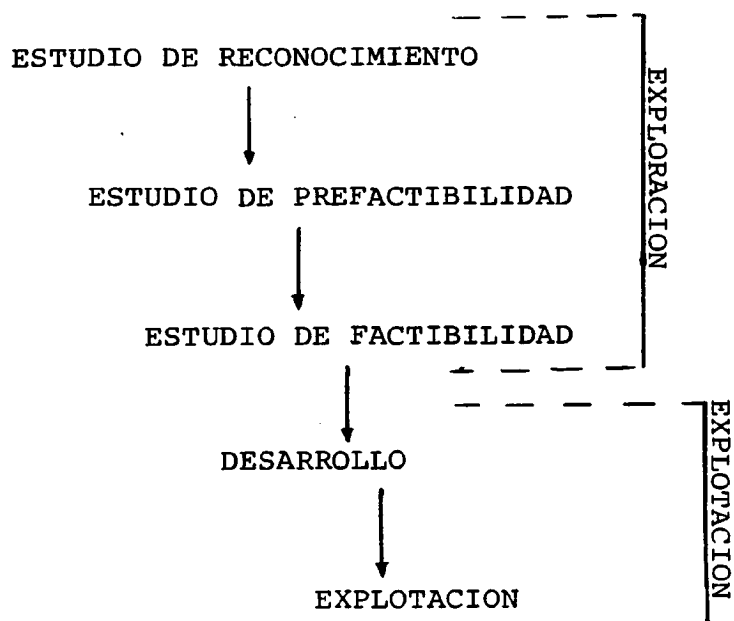
Este reconocimiento, debe de llevarse a cabo mediante la ejecución de sondeos mecánicos. Los lugares más apropiados para su ubicación serán: Las Caldas de Santiago y Burgas de Arriba y Abajo en Outariz - Canedo. La profundidad de estos sondeos deberá ser del orden de los 600-800 m. Las perforaciones se harán con recuperación de testigo para someterlos a estudios, petrográficos, estructurales, alteración hidrotermal, etc. Se deberán medir las temperaturas de los fluidos, su quimismo, contenidos gaseosos y se realizarán pruebas de permeabilidad.

También será interesante el realizar perfiles con sondeos mecánicos cortos (≈ 150 m), para realizar medidas de gradiente geotérmico a fin de definir y cuantificar el potencial energético de la zona.

7.5. METODOLOGIA

En toda exploración geotérmica, como en cualquier otra, - existen una serie de etapas que van desde el reconocimiento general de amplias zonas, hasta la explotación de los yacimientos geotérmicos. En síntesis se pueden considerar cinco etapas, las tres primeras tienen carácter exploratorio y las dos últimas son de explotación.

ETAPAS DE UN PROYECTO GEOTERMICO



Es evidente que no existe una metodología universal, que sea capaz de resolver todos los problemas relacionados con las distintas fases de la exploración, debido a la amplia variedad de condiciones locales, que pueden exigir cambios substanciales en la secuencia y/o en las características de uso de las técnicas de exploración.

Por tanto en este apartado nos referiremos a las tres primeras fases, que son de carácter exploratorio, aplicadas al caso particular de las rocas graníticas, de las que se tiene una buena experiencia adquirida a lo largo de las distintas investigaciones realizadas en Galicia y más concretamente en Orense.

7.5.1. ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO

Esta primera etapa se desarrolla en áreas, con una extensión de varios miles de km^2 y debe de tener dos fases. La primera, consiste en una evaluación de toda la información existente, por lo que habrá que recopilar todo tipo de documentos de interés y que se centran en los siguientes campos:

- Estudios geológicos a escala regional y de detalle (escala 1/200.000 a 1/50.000)
- Fotografías aéreas, tanto convencionales como de satélite
- Planos topográficos
- Inventario sobre la situación y características de las manifestaciones termales.
- Información sobre sondeos de agua o mineros
- Estudios geofísicos
- Estudios hidrogeológicos y climáticos

Con la evaluación de esta información se podrá definir la investigación de reconocimiento en campo, cuyo principal objetivo será el detectar la presencia de anomalías térmicas, las condiciones hidrogeológicas del entorno y la naturaleza de las manifestaciones termales.

Para ello se muestrearán las manifestaciones termales conocidas y se mediran "in situ" una serie de parámetros tales como la temperatura, pH, conductividad y caudal. En laboratorio se analizarán los aniones y cationes más importantes además de otras determinaciones de interés geotérmico como el SiO_2 , boro, fluor, etc. También se analizarán los isótopos estables del agua y el contenido de tritio.

Con todos estos datos se podrán conocer las siguientes características:

- Familias hidroquímicas
- Cálculo de temperatura en profundidad mediante la aplicación de equilibrio termodinámico roca-fluido (geotermómetro).
- Estimación del grado de mezcla entre fluidos geotérmicos.
- Agresividad o incrustabilidad de los fluidos termales.

Con los datos recopilados y analizados en estas dos fases se podrán definir las siguientes cuestiones:

- Definición de las zonas de interés geotérmico, con indicación de la posible entalpia del sistema.
- Definición de un esquema del posible modelo geotérmico.
- Definición de las áreas prioritarias, en función de las condiciones térmicas del almacén, y la cercanía de las áreas de demanda de esta energía.

7.5.2. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

Una vez definidas las zonas de interés mediante los estudios de reconocimiento, se estudiarán éstas con técnicas más específicas y detalladas. Estas zonas deben de tener una extensión de algunos centenares de km².

El objeto de esta fase es identificar las zonas más interesantes, de modo que pueda aconsejarse pasar de la exploración en superficie a la exploración profunda. Para ello se deberá definir el modelo geotérmico preliminar del área seleccionada, y los lugares para la perforación profunda exploratoria.

Las técnicas a emplear en esta fase serán:

- Geológicas
- Geoquímicas
- Geofísicas
- Sondeos poco profundos

7.5.2.1. TECNICAS GEOLOGICAS

En las zonas seleccionadas en la etapa de reconocimiento se deberán realizar una cartografía geológica a escala 1/50.000, y de las áreas más interesantes, la cartografía deberá hacerse a una escala 1/10.000 ó 1/5.000. Con ella, se tendrán definidos los grupos pétreos presentes, y mediante el estudio de muestras por medio de preparaciones de lámina delgada las características petrográficas de aquellos. Con el uso de esta técnica, también deberán investigarse las posibles aureolas producidas por la alteración hidrotermal.

Por otra parte, deberá acometerse un estudio de fracturación mediante el uso de fotografías aéreas (vuelo americano), y con los datos deducidos de éste, conocer las características en las distintas familias de fracturas. También deberán confeccionarse planos de isofracturación, que nos podrán indicar áreas de recarga.

Por último se harán estudios de neotectónica, con el fin de conocerse la historia geológica reciente del área investigada. Para ello, se investigaran posibles oscilaciones de los niveles de terrazas, se realizaran estudios morfológicos y sismotectónicos, que conduzcan todos ellos a comprobar la actividad geológica reciente de la zona de estudio.

7.5.2.2. TECNICAS GEOQUIMICAS

Estas técnicas se han revelado como las más interesantes en la investigación geotérmica en rocas ígneas.

En primer lugar se deberá inventariar y muestrear todas las manifestaciones termales. "In Situ" se analizarán una serie de características químicas de los fluidos tales como, el pH, conductividad, amonio y será conveniente la determinación de la alcalinidad y dureza, además de la temperatura, y estimación visual del caudal. En laboratorio se valoraran los carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fluoruros, sodio, calcio, magnesio, boro, sílice, litio y los parámetros medios ya "in situ".

Para el estudio isotópico se tomarán muestras, y en laboratorio se analizarán el deuterio, oxígeno-18 y tritio. También se muestrearán, si fuera pertinente, las fases gaseosas.

Por otra parte y para el estudio de anomalías geoquímicas, basadas en el gran contraste existente entre el quimismo de los flúidos termales y las aguas poco profundas, se deberá establecer una malla geoquímica de aguas frías con una densidad de 1 punto por Km² si fuera posible.

Una vez obtenidos todos los datos de laboratorio, se estará en condiciones de interpretarlos. Las fases de interpretación serán las siguientes:

- Establecimiento del balance químico.
- Estimación del error del balance.
- Clasificación química de las aguas mediante el uso de diagramas.
- Estudio de mezclas.
- Indicadores de fuga.
- Estudio de equilibrios químicos (programa WATEQ o - SOLMNERQ).
- Diagrama de actividad.
- Cálculos geotermométricos.

El estudio de anomalías geoquímicas se realizará, utilizando aquellas relaciones geoquímicas que son función de la temperatura. Para ello, se supone que la zona está químicamente equilibrada, y debido al fuerte contraste que existe entre el quimismo de las aguas termales y frías, se podrá estimar y representar las zonas de mezcla de los dos tipos de agua. Para este estudio, no se deberá tener en cuenta los puntos termales, puesto que estos son anómalos, y se trabajará solamente con los datos de los puntos de aguas frías.

El estudio isotópico tiene cuatro vertientes:

- Estudio de posibles mezclas, con aguas frías, de los flúidos termales. Para ello se utilizarán los valores de trítio.

- Estimación cualitativa de la entalpia del almacén geotérmico, debido al fraccionamiento isotópico - del oxígeno-18 cuando existe fase vapor.
- Estimación del origen de las aguas termales .
- Estimación del área de recarga con el empleo de los datos de los isótopos estables, y contrastandolo -- con los de las aguas de lluvia o de manantiales que tengan un circuito hidráulico muy local.

El estudio de gases fundamentalmente estarán orientado a realizar cálculos geotermométricos, para contrastarlos con -- los obtenidos mediante las geotermometrías líquidas.

7.5.2.3. TECNICAS GEOFISICAS

El empleo de las técnicas de prospección geofísica, deberá estar encaminado a determinar las condiciones geológico-estructurales regionales de la zona, localizar y demarcar las anomalías térmicas y determinar las condiciones estructurales de detalle.

Debido a las particulares condiciones de los yacimientos - geotérmicos en rocas ígneas, están asociados a grandes fracturas más o menos verticales, las técnicas geofísicas a emplear serán aquellas que permitan localizar este tipo de discontinuidades. - Las más interesantes, tanto por su resolución como por su costo son las geoelectricas, sin olvidar las magnetometrías, gravimétricas o radiométricas.

Dentro de las técnicas geoelectricas las más adecuadas son las calicatas eléctricas que son específicas para la investigación de fracturas. Estas se deberán apoyar con campañas de --

Sondeos Electricos VERTicales (S.E.V.). Otro método dentro de las técnicas geoelectricas es el del cuerpo cargado que permite conocer la dirección de circulación de los fluidos térmales y por tanto, definir en planta la fractura responsable de este movimiento de agua termal.

Los métodos radiométricos, aunque no han dado buenos resultados en Orense, deben de ser aplicados, puesto que han sido empleados en los países de la Europa Oriental, para detectar grandes fracturas con excelentes resultados.

La microgravimetría y si se estima que la zona de circulación hidrotermal, en planta, es relativamente amplia, algunas decenas de metros, debe de dar buenos resultados, ya que existe un gran contraste de densidad entre la roca sana y la zona alterada por donde circulan los fluidos termales. Esta técnica tiene el inconveniente de su elevado costo, ya que hay que realiza levantamientos topográficos muy precisos. También la magnetometría puede dar buenos resultados, debido al contraste de la receptibilidad magnética entre la zona fractura y los hastiales de ésta.

7.5.2.4. SONDEOS

La campaña de investigación con sondeos cortos se deberá realizar cuando se tenga un conocimiento suficiente de las condiciones geológicas de hidrogeológicas.

El objetivo de estos sondeos será doble: por una parte la medida de gradientes geotérmicos y conductividad térmica de las rocas, para la estimación posterior del flujo calorífico; por la otra, el reconocimiento de las zonas fracturadas que puedan contener fluidos termales. Para ubicar estos sondeos, será necesaa-

rio realizar una serie de modelos térmicos, con el fin de conocer la amplitud de las zonas superficiales que están influenciadas por la presencia de una fractura, que contiene fluidos calientes, y que por tanto produce anomalías en la distribución de las isothermas.

El número de sondeos, será el necesario para recoger la máxima información con el menor coste, y proveerán los datos decisivos para la definición del modelo geotérmico de la zona.

La profundidad de estos sondeos estará de acuerdo con las condiciones hidrogeológicas de la zona y los objetivos propuestos. Para la medida de gradientes geotérmicos, será necesario de que al menos sobrepasen en unos 50 m la parte permeable superficial. La estadística sobre sondeos en granitos, permite afirmar de una manera general, que hay bastantes posibilidades que en los 50 primeros metros se puedan encontrar zonas con presencia de aguas subterráneas poco profundas y frías, que provocaran anomalías en la correcta medida de los gradientes geotérmicos. Si el objetivo es estudiar las zonas anómalas condicionadas por la presencia de una discontinuidad caliente, la profundidad mínima será de algún centenar de metros, y solamente un conocimiento profundo y detallado del área investigada, permitirá definir esta característica.

En los sondeos encaminados al estudio de este segundo objetivo se deberán tomar muestras de las distintas litologías encontradas, para su estudio químico y petrográfico, se deberá observar posibles zonaciones producidas por la alteración hidrotermal, medidas de temperatura durante la perforación, y por último si existen fluidos un muestreo de ellos, tanto en su fase líquida, como vapor o gaseosa si las hubiera.

7.5.3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Con toda la información recogida y analizada en la etapa anterior, se estará en condiciones de delimitar una o varias áreas de máximo interés. La superficie de éstas no deberán sobrepasar algunas decenas de km^2 . El objeto de esta etapa es definir y cuantificar el almacén geotérmico.

Las técnicas a emplear son esencialmente aquellas que permitan un reconocimiento directo del almacén, y por tanto las más adecuadas serán las geofísicas y los sondeos.

Las técnicas geofísicas más apropiadas serán las mismas que se han empleado en la etapa de prefactibilidad, pero evidentemente con una mayor densidad. Por el costo y la calidad de los datos que suministran se deberá procurar que sean de tipo geoelectrónico y en especial Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.) También y "a priori", parecen apropiadas por su rapidez y casi ausencia de problemas "logísticos" los Sondeos Audio-Magneto-Telúricos (S.A.M.T.).

Una vez reconocido en detalle el almacén geotérmico por medios geofísicos, se pasará a la ejecución de los sondeos de investigación. La ubicación y profundidad de éstos, estará en función de los datos suministrados por las campañas de geofísica.

Estos sondeos tendrán el diámetro suficiente para realizar ensayos de bombeo o pruebas de producción. Durante la perforación, se deberá proceder al estudio sistemático de los testigos o ripios, desde el punto de vista petrográfico y químico. Se medirán las temperaturas en el fondo del sondeo al menos una vez cada 50 m y de los lados de perforación continuamente.

Cuando se alcance el almacén, se deberá muestrear los flujos encontrados, tanto las fases líquidas como gaseosas o vapor si las hubiera, para su posterior estudio en laboratorio.

Finalmente se procederá a evaluar las características hidráulicas del almacén mediante pruebas de producción o ensayos de bombeo. Durante la duración de estos se medirá la temperatura del fluido, y se obtendrán muestras de éstos.

Con los datos obtenidos en esta etapa se estará en condiciones de conocer la geometría del almacén (técnicas geofísicas) y las características de los fluidos termales (sondeos), y se podrá, si las características del yacimiento son interesantes, proceder a las etapas de desarrollo y explotación.

8. RESUMEN Y RECOMENDACIONES

8.1. RESUMEN

En este apartado se realiza una síntesis de todos los trabajos elaborados durante la ejecución del proyecto. Estos se han desarrollado fundamentalmente en el campo de la geología, geoquímica y geofísica.

8.1.1. GEOLOGIA

Se ha estudiado geológicamente dos zonas situadas al E de Orense capital y en los alrededores de Baños de Molgas. Para ello, se ha realizado una cartografía a escala 1/10.000, con una superficie de unos 120 m² entre las dos zonas. El objetivo de este estudio, ha sido el definir la geometría de los grupos pétreos presentes, sus características petroestructurales más notables, mediante el estudio petrográfico de una serie de muestras en lámina delgada y la investigación de posibles zonas que presentasen aureolas de alteración hidrotermal.

Por otra parte se ha hecho, un estudio detallado de la - fracturación, con el fin de conocer primordialmente el buzamiento de las distintas familias de fracturas, puesto que las orientaciones ya habian sido estudiadas en anteriores proyectos. Para ello, se han medido 1567 diaclasas en dos zonas, Orense y Baños de Molgas. La principal conclusión que se extrae de este estudio es, la gran verticalidad de las fracturas, que en la mayoría de los casos y como media supera los 85°.

8.1.2. SISMO-TECTONICA

Este estudio ha tenido tres objetivos

- Conocer la relación entre fracturación, sismicidad y termalismo.
- Estudio de isofracturación.
- Estudio detallado de los lineamientos deducidos por imagen de satélite.

El estudio de Isofracturación se ha realizado a partir de los datos existentes en el proyecto "Investigación Geotérmica de Rocas Calientes Secas, en la zona septentrional de la provincia de Orense". La metodología utilizada consistió en una representación de las fracturas en un plano a escala 1/100.000, posteriormente se estimó la densidad de fracturación por unidad de superficie para finalmente mediante un estudio estadístico, representar en un plano las isolneas de fracturación, siendo estas iguales a la media, una, dos y tres desviaciones estandard. Las zonas de máxima fracturación corresponden a la parte oriental de Orense capital, y a unos pequeños núcleos dispersos entre Carballino y Orense. No se observa ninguna correlación entre densi--

dad de fracturación y manifestaciones termales, y parece que existe una similitud entre densidad de fracturación y anomalías deducidas por los sondeos A.M.T., interpretándose las áreas más fracturadas como posibles zonas de recarga del sistema termal.

También se ha estudiado, en toda Galicia las relaciones existentes entre fracturación, sismicidad y termalismo. En primer lugar se puede decir que en Galicia, existe en la actualidad una tectónica y por tanto resulta falsa la idea de considerar a esta región como un "pais muerto" . En segundo lugar, se vé una estrecha correlación entre los tres fenómenos estudiados en casi toda la región a excepción de la costa lucense entre Vivero y Ribadeo. Por otra parte, se pueden distinguir una serie de alineaciones en los que la fracturación, sismicidad y termalismo estan estrechamente vinculados y que son:

- Valle bajo del río Miño
- Cuenca del río Limia
- Alineación Arosa-Lugo
- Graben de Tuy - Caldas - Carballo
- Alineación ría de Noya - Guitiriz
- Valle del Támeiga

Por último, se ha estudiado con un cierto detalle la relación existente entre los lineamientos deducidos del estudio de las imágenes del satélite Landsat, y las manifestaciones termales de los alrededores de Orense.

En este área existe una gran densidad de grandes fracturas o lineamientos, siendo la orientación más importante la NE-SW seguida de la NO-SE. Po otra parte, no se vé una relación entre una determinada familia de fracturación y el termalismo, y este tampoco se centra, por lo general, en el cruce de lineamien

tos sino en el de estos con zonas topográficas deprimidas. También es visible el que varias surgencias termales alejadas entre sí, correspondan a la misma lineación.

8.1.3. GEOQUIMICA

Este estudio es una continuación del realizado en anteriores proyectos, y su fin ha sido estrechar la anterior malla geoquímica en dos zonas de interés: Orense y Baños de Molgas. Los parámetros y equilibrios termodinámicos han sido los mismos: isocontenidos de SiO_2 , boro, fluor, relación Na/K, $1/\text{lg } \sqrt{\text{Ca}/\text{Na}}$ e isoequilibrios feldespatos - H_2O . Todos ellos tienen una relación directa con la temperatura. Con este estudio se han confirmado las anomalías geoquímicas ya conocidas y se ha podido delimitar mejor la geometría de éstas. Todos los equilibrios coinciden en general en señalar las mismas áreas anómalas que son:

- Zona de Orense: Valle del Miño desde Orense capital - hasta Layas; Orense capital y zona de Mende.
- Zona de Baños de Molgas: Alrededores de Baños de Molgas, Junquera de Ambía y alineación - El Mato - Sanfiz.

También se muestrearón cinco puntos, que ya lo habían sido hecho anteriormente, con el fin de observar si había variaciones en el quimismo de las aguas debido a las distintas condiciones pluviométricas, existentes entre las dos épocas de muestreo. No observándose ninguna variación en el quimismo de estas aguas debido a las distintas condiciones climáticas.

8.1.4. GEOFISICA

Se han empleado de forma experimental una serie de métodos geofísicos para comprobar su utilidad, en la detección de fracturas con circulación hidrotermal. Estos han sido:

- Calicatas eléctricas
- Método del cuerpo cargado
- Emanometría
- Radiometría
- Cuerpo cargado con medición magnetométrica

Los métodos electricos encontraron, a veces, grandes dificultades debidas a perturbaciones eléctricas. Para eliminarlas, se probó un aparato de la casa Bodenseewerk Geosystem, en la zona de Orense y Balneario de Partovia con excelentes resultados. Los lugares donde se realizó exploración geofísica fueron: Baños de Molgas, Orense y Partovia. Los resultados fueron los siguientes:

- BAÑOS DE MOLGAS

Calicatas eléctricas: La información es incompleta debido a los obstaculos habidos durante las mediciones, pero se puede decir que Baños de Molgas se encuentra en una zona de bajas resistividades.

Emanometrías y radiometrías: Las medidas fueron perturbadas por estar el nivel piezométrico muy alto. También la zona explorada fué muy reducida, por lo que faltan datos de zonas contiguas para poderlas comparar. Por estas dos causas no fué posible extraer conclusiones definitivas.

- ORENSE (capital)

Calicatas eléctricas: Se localizan una serie de zonas poco resistivas (granitos fracturados) que son paralelos al río y que deben de corresponder a fracturas satélites de la gran falla del río Miño.

Emanometría y radiometría: Se detectan claramente una serie de zonas anómalas, tanto en las mediciones emanométricas como radiométricas, en las proximidades del río Miño. Estas zonas anómalas se corresponden con las áreas de baja resistividad deducidas por medio de las calicatas eléctricas.

- CALDAS DE PARTOVIA

Calicatas eléctricas: Estas ponen de manifiesto dos áreas, una de baja resistividad y otra conductora. La primera, engloba el sector del balneario y que corresponde a una zona fracturada. El contacto entre las áreas resistiva y conductora es sensiblemente paralelo a la anomalía deducida en la aplicación del cuerpo cargado.

Emanometría y radiometría: No se puede obtener ninguna conclusión con la aplicación de este método.

8.1.5. MODELO TERMICO

Se ha realizado un modelo térmico a fin de conocer, la distribución de las isotermas provocadas por la intrusión de un cuerpo caliente asociado a un fractura. Para ello, en primer lugar, se hizo un supuesto en régimen transitorio, para estimar el tiempo necesario para alcanzar el régimen estacionario, viéndose que este era del orden de 110.000 años.

Posteriormente, se han elaborado una serie de modelos, ocho en total en régimen estacionario en las que las condiciones de contorno fueron:

- Temperatura de la superficie del terreno 15°C
- Temperatura en profundidad, variable ésta según el gradiente, 135°C.
- Temperatura de la fractura dos opciones:
 - Opción A (Foco convectivo): 70°C los primeros 50 m y de aquí hasta la profundidad final 135°C.
 - Opción B (Foco conductivo): 70°C los primeros 50 m y desde aquí y hasta la profundidad final un aumento -- constante hasta alcanzar los 135°C.

Tanto para las opciones A y B se utilizaron cuatro valores de gradiente: 0,12°C/m, 0,06°C/m, 0,04°C/m y 0,03°C/m.

Como conclusión general a todos los modelos, se puede decir que, la influencia de un cuerpo caliente se hace sentir, en superficie, hasta aproximadamente 1 km de este.

8.1.6. ESTUDIO METODOLOGICO

Se ha realizado un estudio metodológico para la exploración de los recursos geotérmicos en áreas graníticas. Este se divide en tres etapas a saber: estudio de reconocimiento, prefactibilidad y factibilidad:

- Estudio de reconocimiento: Se debe desarrollar en amplias superficies, varios miles de km², y su objetivo es señalar zonas de interés. Se desarrolla en dos etapas, la primera es una recogida y evaluación de información referente a documentos de tipo fotográfico, cartográfico, geológico, geofísico, hidrológico e hidrogeológico y situación, característica, etc. sobre unas manifestaciones termales. La segunda, se desarrolla "in situ" en base a muestreo de los

fluidos térmicos para su posterior análisis químico e isotópico. Con los datos analíticos se podrán conocer las características hidroquímicas de los fluidos térmicos y una estimación de la entalpia del sistema geotérmico.

- Estudio de prefactibilidad: Las áreas de interés, definidas en la anterior etapa, deberán tener una superficie de algunos centenares de km^2 y se estudiarán con métodos más detallados y específicos. Esta etapa tiene por objeto definir zonas de gran interés geotérmico, y se tiene que procurar aconsejar el pasar de exploración de superficie a la exploración profunda. Las técnicas a emplear son de tipo geológico, geoquímico, geofísico y sondeos de medida de gradiente.

Geología: Cartografía geológica a escala 1/10.000 ó 1/5.000, estudio de muestras en lámina delgada, estudio de fracturación y estudios de neotectónica.

Geoquímica: Inventario de todas las manifestaciones térmicas, muestreo y análisis de los fluidos (fases líquida, vapor y gaseosa). Análisis isotópicos y estudio de anomalías geoquímicas de origen geotérmico, mediante una malla de muestra de agua fría.

Geofísica: Se deben emplear métodos geofísicos capaces de localizar zonas fracturadas. Las más interesantes son los geoelectricos (Sondeos, Electricos, Verticales, cuerpo cargado) magnetométricos, gravimétricos y radiométricos.

Sondeos: Estos serán cortos y su objeto la medida de gradientes geotérmicos, conductividad térmica para el cálculo del flujo calorífico. También el reconocimiento de zonas fracturadas que puedan contener fluidos calientes.

- Estudio de factibilidad: El objetivo de esta etapa es definir y cuantificar el almacén geotérmico. Las técnicas a emplear son esencialmente las que permiten un reconocimiento directo del yacimiento (Sondeos) o indirecto (técnicas geofísicas). Con todos estos datos se estará en condiciones de conocer la geometría del almacen y las características de los fluidos termales.

8.2. RECOMENDACIONES

Después de los estudios realizados, a lo largo de una serie de años en esta zona, se ha comprobado la importancia desde el punto de vista geotérmico de ésta. Estos yacimientos geotérmicos están asociados a grandes fractores, que han sido reactivados durante las últimas fases del ciclo alpino, y aún hoy día, presentan momentos de inestabilidad de la que los sísmos son una prueba de ello. Por lo general sísmos, manifestaciones termales y fracturas están estrechamente ligados.

Coetáneamente con el desarrollo de este proyecto, se realizó otro que tenía como objeto, medidas de gradiente y la exploración a no gran profundidad de los yacimientos geotérmicos; comprobándose la importancia de éstos. En los momentos actuales se está realizando una serie de sondeos más profundos, que parecen confirmar la importancia geotérmica de este área.

Con la finalización de este proyecto, se está hoy en día - en condiciones de proseguir estudios de exploración en otras zonas de características similares, puesto que son conocidas y comprobadas las técnicas a emplear. Por esto se recomienda el reali

zar estudios de prefactibilidad y factibilidad en las siguientes zonas:

- Sector Tuy - Caldas de Reyes - Carballo (Pontevedra - La Coruña).
- Valle de Monterrey (Orense)
- Guitiriz (Lugo)
- Alrededores de Lugo (Lugo)
- Río Caldo (Orense)
- Calzadilla - Ledesma (Salamanca)
- Almeida (Zamora)
- Retortillo (Salamanca)
- Baños de Montemayor (Cáceres)
- Brozas - Ceclavin (Cáceres)
- Panticosa (Huesca)