

G601442

AHUACHAPAN GEOTHERMAL FIELD

TECHNICAL INFORMATION TO BE PRESENTED AT PANEL MEMBERS IN SAN FRANCISCO GRC MEETING 16th - 17th OCTOBER 1997.

INFORMATION FROM NEW WELLS REGARDING ASPECTS OF:

- DRILLING RESULTS
- GEOPHYSICAL COMPLEMENTARY FIELD WORKS
- GEOLOGICAL CORRELATIONS
- GEOCHEMISTRY OF FLUIDS
- WELL TESTING & RESERVOIR ENGINEERING
- NEW RESULTS AND CONCEPTUAL MODEL (DISCUSSION)

PANEL MEMBERS

Dr. Ronald DiPippo (Chairman)
Dr. Wendell A. Duffield
Dr. Marcelo J. Lippmann
Mr. William M. Rickard
Dr. Howard P. Ross
Dr. Alfred H. Truesdell

CEL MEMBERS

Ing. José Antonio Rodríguez (Manager)
Ing. Luz Barrios
Ing. Manuel Monterrosa



**ACTIVIDADES EN LA PERFORACION DEL POZO AH - 33B
DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE PERFORACION**

La perforación dió inicio el pasado 30 de agosto de 1997.

En la perforación de los primeros 22.99 m ocurre la primera pesca.

El fondo del agujero de 26" se dejó a 45 m.

Inmediatamente a esa profundidad se dió la corrida de la tubería de 20" (zapata, collar flotador y 4 tramos). La zapata quedó a una profundidad de 41.95 m.

Después de esperar para el fraguado del cemento de la TR de 20", se procedió a cortar el tubo de rebalse e inmediatamente se realizó la cementación complementaria (se depositaron de forma manual 6 bolsas de cemento).

Se inició el montaje del carrete adaptador, el preventor doble y el anular.

Se trabajó en el montaje de los BOP doble y anular.

Paralelamente a las operaciones anteriores se realizó la perforación del agujero de ratón.

A los 48 m en la segunda etapa (de 17 ½") se da la primera pérdida total.

Durante la espera de fraguado se midió nivel hidrostático, encontrándose a 35.50 m.

A la profundidad de 93.50 m., se da una ruptura en la rosca de la Kelly, provocando el segundo pescado, el cual sin mayores problemas se logró sacar.

A la misma profundidad de 93.50 m. se quiebra un sustituto que va inmediatamente abajo del Kelly bushing, por lo que inician los preparativos nuevamente para pesca de la sarta, la boca del pescado se calcula quedó a 8.50 m. que también se pesca.

Las pérdidas parciales se siguen tratando con el envío de baches de lodo viscoso con cascarilla de café, éstas se han venido comportando de la siguiente manera:

94.80 a 96.00 m	20 m ³ /h	112.00 a 121.00 m	11 m ³ /h
96.00 a 97.80 m	30 m ³ /h	121.00 a 130.00 m	14 m ³ /h
97.80 a 98.70 m	pt	130.00 a 131.00 m	pt
98.70 a 102.00 m	11.50 m ³ /h	131.00 a 132.50 m	14 m ³ /h
102.00 a 102.80 m	pt	132.50 a 133.50 m	pti
102.80 a 110.00 m	8.40 m ³ /h	133.50 a 139.98 m	17-48 m ³ /h
110.0 a 112.00 m	14 m ³ /h		



A 152 m de profundidad se produce la segunda pérdida total.

A los 253 m de profundidad ocurre la tercera pérdida total, la que al no lograrse obturar se decide mantener hasta la profundidad programada de anclaje de la tubería de revestimiento de 13 3/8", por lo que se perforó en pérdida total hasta 320.00 m.

En la corrida de la tubería de revestimiento de 13 3/8" la zapata quedó a 317.09 m. La cementación de esta etapa se realizó con una principal y dos complementarias por el espacio anular.

A 350 m de profundidad se introduce motor de fondo DELTA 500 para iniciar el KOP.

A continuación se presenta un cuadro del comportamiento de las pérdidas.

426.00 a 426.50 m	Pérdida total
426.50 a 429.00 m	Circulación normal
429.00 a 429.50 m	Pérdida total intermitente
429.50 a 468.73 m	Pérdida total

Se descendió sarta rotaria hasta 325 m., a partir de este punto se inicia el rimado del agujero hasta 468.73 m., debido a que la pérdida total se mantenía, al excesivo gasto de bentonita y que el material obturante ya se estaba terminando se decidió colocar un tapón de barita, bentonita, cal y obturante, el cual se puede bombear con la sarta dentro del pozo.

La profundidad de esta etapa quedó a 811.5 m, se corre tubería de revestimiento de 9 5/8", quedando la zapata a 809.10 m con 59 tramos de tubería.

La cementación se realiza con una cementación primaria, y después tres cementaciones complementarias por el espacio anular.



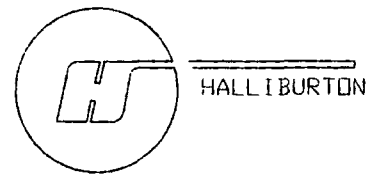
ANEXO:

- GRAFICA FINAL DE PERFORACION DIRECCIONAL**

- REPORTE DE INSPECCION**

- REPORTE DE LITOLOGIA, MINERALOGIA Y PARAMETROS DE PERFORACION**

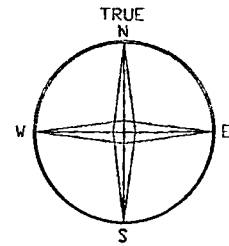
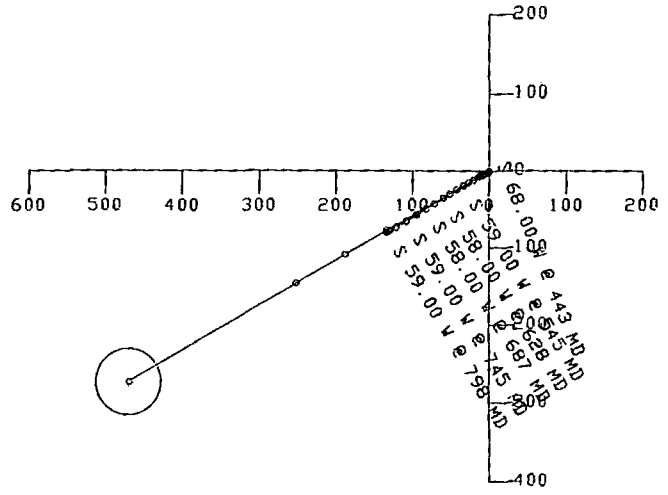
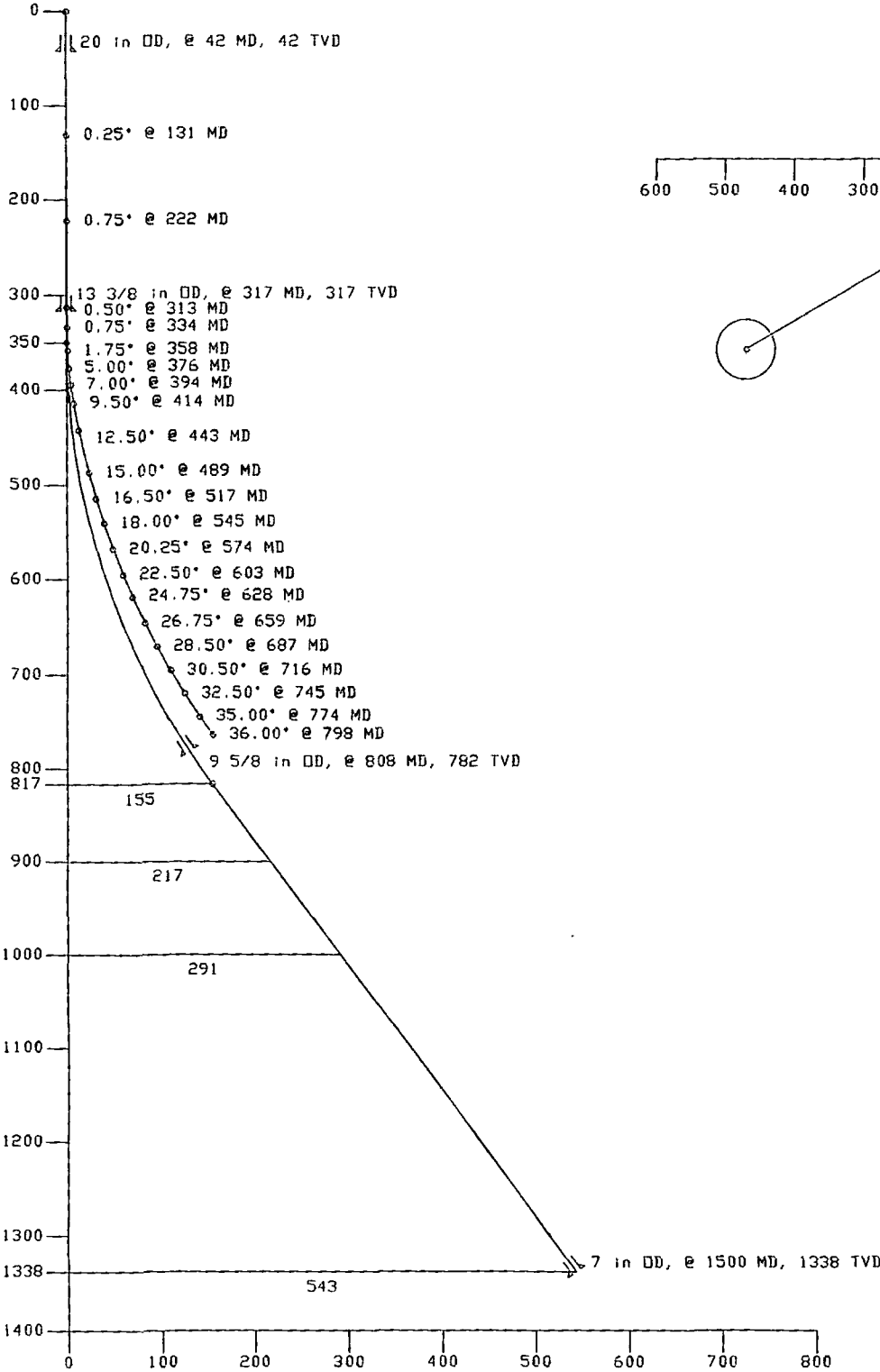
CEL-FORASAL-HALLIBURTON
 AHUACHAPAN
 AH-33B



GRAFICA PARCIAL HASTA LA ETAPA DE 12 1/4"

SECCION VERTICAL
 SCALE 100 m. / DIVISION
 TVD REF: WELLHEAD
 VERTICAL SECTION REF: WELLHEAD

SECCION HORIZONTAL
 SCALE 100 m. / DIVISION
 SURVEY REF: WELLHEAD



VISTA DEL PLANO VERTICAL : S 60.00 W

Survey Report

Date: 10/9/97
 Time: 6:26 am
 Wellpath ID: SURVEYS
 Date Created: 9/21/97
 Last Revision: 10/9/97

Calculated using the Minimum Curvature Method
 Computed using WIN-CADDS REV2.2.2
 Vertical Section Plane: S 60.00 W

Survey Reference: WELLHEAD
 Vertical Section Reference: WELLHEAD
 Closure Reference: WELLHEAD
 TVD Reference: WELLHEAD

CEL
 AHUACHAPAN
 BD #61
 AH-33B
 REGISTROS

Measured Depth (m)	Incl (deg.)	Drift Dir. (deg.)	Course Length (m)	Vertical Section (m)	TVD (m)	TOTAL		DLS (dg/30m)	
						Rectangular (m)	Offsets (m)		
0.00	0.00	N 0.00 E	0.00	0.00	0.00	0.00 N	0.00 E	0.00	
REGISTROS DE LA SECCION DE 17 1/2"									
131.00	0.25	N 90.00 W	131.00	0.25	131.00	0.00 S	0.25 W	0.06	
222.00	0.75	S 40.00 W	91.00	0.98	222.00	0.46 S	0.87 W	0.20	
313.00	0.50	N 45.00 E	91.00	1.16	312.99	0.63 S	0.97 W	0.41	
INICIO DE 12 1/4" /METE EL MOTOR DE FONDO.									
334.00	0.75	S 32.00 E	21.00	1.06	333.99	0.68 S	0.83 W	1.42	
358.00	1.75	S 53.00 W	24.00	1.42	357.99	1.04 S	1.04 W	2.30	
376.00	5.00	S 58.00 W	18.00	2.48	375.95	1.62 S	1.93 W	5.43	
394.00	7.00	S 63.00 W	18.00	4.36	393.86	2.53 S	3.57 W	3.44	
414.00	9.50	S 65.00 W	20.00	7.22	413.65	3.78 S	6.15 W	3.77	
425.00	10.75	S 70.00 W	11.00	9.13	424.48	4.52 S	7.94 W	4.16	
443.00	12.50	S 68.00 W	18.00	12.72	442.11	5.82 S	11.32 W	2.99	
ULTIMO REGISTRO CON MOTOR DE FONDO.									
457.00	13.00	S 61.00 W	14.00	15.79	455.76	7.15 S	14.10 W	3.48	
PRIMER REGISTRO CON SARTA ROTARIA.									
489.00	15.00	S 59.00 W	32.00	23.53	486.81	11.03 S	20.80 W	1.93	
517.00	16.50	S 59.00 W	28.00	31.13	513.76	14.95 S	27.32 W	1.61	
545.00	18.00	S 59.00 W	28.00	39.43	540.50	19.22 S	34.43 W	1.61	
574.00	20.25	S 59.00 W	29.00	48.93	567.89	24.11 S	42.58 W	2.33	
603.00	22.50	S 58.00 W	29.00	59.50	594.90	29.64 S	51.59 W	2.36	

Survey Report

Wellpath ID: SURVEYS

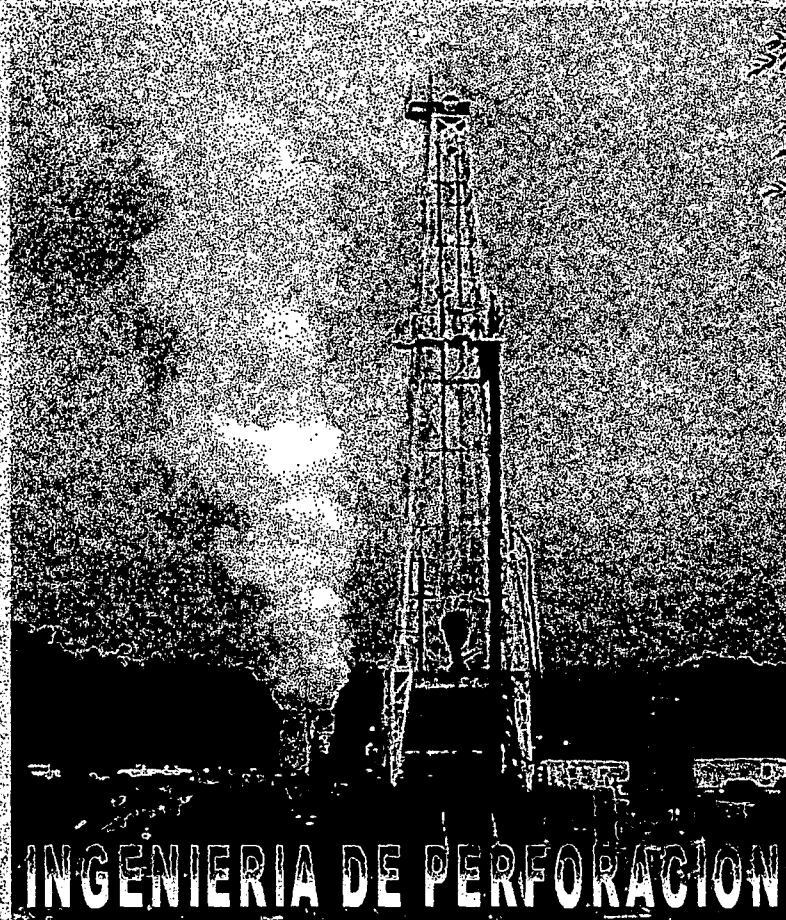
Measured Depth (m)	Incl (deg.)	Drift Dir. (deg.)	Course Length (m)	Vertical Section (m)	TVD (m)	TOTAL		DLS (dg/30m)
						Rectangular (m)	Offsets (m)	
628.00	24.75	S 58.00 W	25.00	69.51	617.80	34.95 S	60.08W	2.70
659.00	26.75	S 59.00 W	31.00	82.97	645.72	41.98 S	71.57W	1.98
687.00	28.50	S 58.00 W	28.00	95.95	670.53	48.77 S	82.63W	1.94
716.00	30.50	S 58.00 W	29.00	110.22	695.77	56.34 S	94.74W	2.07
745.00	32.50	S 59.00 W	29.00	125.36	720.49	64.25 S	107.66W	2.14
774.00	35.00	S 59.00 W	29.00	141.47	744.60	72.55 S	121.47W	2.59
790.00	36.00	S 59.00 W	16.00	150.76	757.63	77.33 S	129.44W	1.88
PROYECCION A LA BARRENA/FIN DE SECCION								
811.00	36.00	S 59.00 W	21.00	163.10	774.62	83.69 S	140.02W	0.00



GERENCIA DE RECURSOS GEOTERMICOS
SUPERINTENDENCIA DE PERFORACION Y MANTENIMIENTO DE POZOS
PROYECTO ESTABILIZACION CAMPO GEOTERMICO DE AHUACHAPAN

INFORME EJECUTIVO DEL POZO

AH-4BIS



OCTUBRE DE 1997



REPORTE EJECUTIVO DEL POZO AH-4BIS - AHUACHAPAN

La perforación del pozo AH-4BIS, junto con la perforación de cuatro pozos adicionales, constituye la primera fase del proyecto “Estabilización del campo Geotérmico de Ahuachapán”.

Los objetivos de la perforación del pozo AH-4BIS son: Servir como pozo productor para incrementar la disponibilidad de vapor, mejorar la estrategia de explotación del reservorio y rehabilitar el pozo AH-4.

Todas las operaciones de perforación del pozo AH-4BIS, han sido realizadas del primero de abril al 30 de mayo de 1997.

UBICACION GEOGRAFICA

Campo Geotérmico: Ahuachapán
Departamento: Ahuachapán
Latitud: 310,835.13 N
Longitud: 412,470.45 E
Nivel sobre el mar: 812.23 m.

DATOS GENERALES

Nombre del pozo: AH-4BIS
Profundidad: 650 m.
Contrato: CEL-2793
Contratista: FORASAL-FORAKY
Supervisión: CEL
Inicio: 1° de Abril de 1997.
Finalización: 30 de mayo de 1997.
Duración: 45 días.

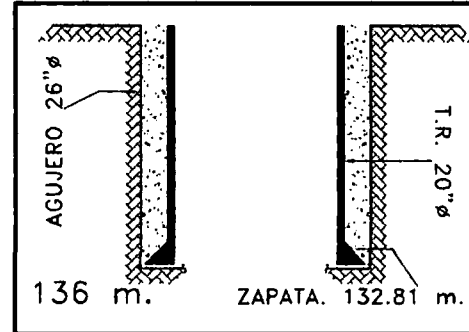
Descripción de las operaciones:

Primera Etapa:

Etapa de 26", de 0 a 136 m. perforada del 1° de abril al 13 de abril.

Se obtuvieron 3 pérdidas de circulación a lo largo de la etapa. La colocación de la tubería de revestimiento se realizó el 10 de abril, con dimensión de 20" K55, 94.00 lb/ft, buttress thread.

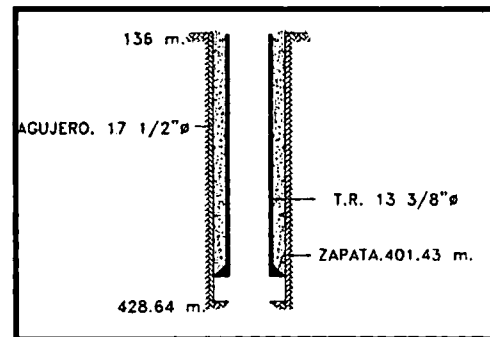
La zapata de la tubería fué ubicada a los 133.63 m.



Segunda etapa:

La etapa de 17 1/2" comenzó el 13 de abril y finalizó el 21 de mayo.

Se obtuvieron seis pérdidas de circulación a lo largo de la etapa (dos parciales y cuatro totales). No se perforó durante 15 días debido a la espera del cemento clase G.



Schlumberger realizó registros utilizando caliper y gamma ray.

Se colocó la tubería de revestimiento el 18 de mayo, y la zapata se situó a 401.44 m.

El proceso de cementación de esta etapa se realizó inicialmente por el método Stab-in. Sin embargo, no se obtuvo retorno a la superficie debido a la pérdida total de circulación. Posteriormente se procedió a cementar a través del espacio anular. El tiempo de operación fue de 12 horas.

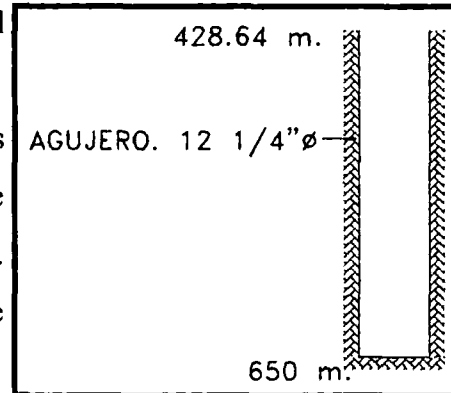
Como un último intento, se cementó nuevamente por el espacio anular. Después de esto, se obtuvo retorno de cemento a la superficie.

Schlumberger realizó un CBL, obteniendo buenos resultados.

Tercera Etapa:

La etapa de 12 ¼" comenzó el 21 de mayo y finalizó el 30 de mayo de 1997.

Utilizando agua aireada se perforó formación desde los 428 hasta los 433.75 mts de profundidad, donde se obtuvo una pérdida de circulación total. Posteriormente, a la profundidad de 440.50 mt, se presentó un reventón, el cual fue controlado.



Después, se continuó perforando en pérdida total a la profundidad de 481.57 m. Transcurrido el tiempo, se recibieron manifestaciones de un nuevo reventón, mientras tanto solamente se había perforado con agua desde los 481.57 a los 548.16 m. Fueron tomados registros de inyectividad con rangos de flujo de 25 l/s y 40 l/s.

Se comenzó a utilizar agua aireada a la profundidad de 587 m, en donde otro reventón fue controlado. Mas tarde, se perforó sin aire en pérdida de circulación a los 650 mt. A la profundidad de 623 mt y 640m, otros reventones fueron controlados utilizando agua.

En el descenso de sarta entre los rangos de 428.64 m y 650 m, fué necesario controlar 5 reventones.

El recuperar la sarta fue bastante difícil debido a las diferentes manifestaciones de los reventones.

Para evaluar la condición inestable del pozo, algunas inyecciones de agua fueron realizadas en el pozo a través de la sarta como en el espacio anular. El pozo mostró reventones en diferentes etapas: primero fue aire, después agua caliente, y por último vapor.

Se decidió descender la sarta, antes de colocar la tubería ranurada de 7 5/8". Se detectó una obstrucción a la profundidad de 604 m. Se perforó de los 604 a los 628 m, en algunas ocasiones la sarta fue elevada debido a las condiciones inestables del pozo.

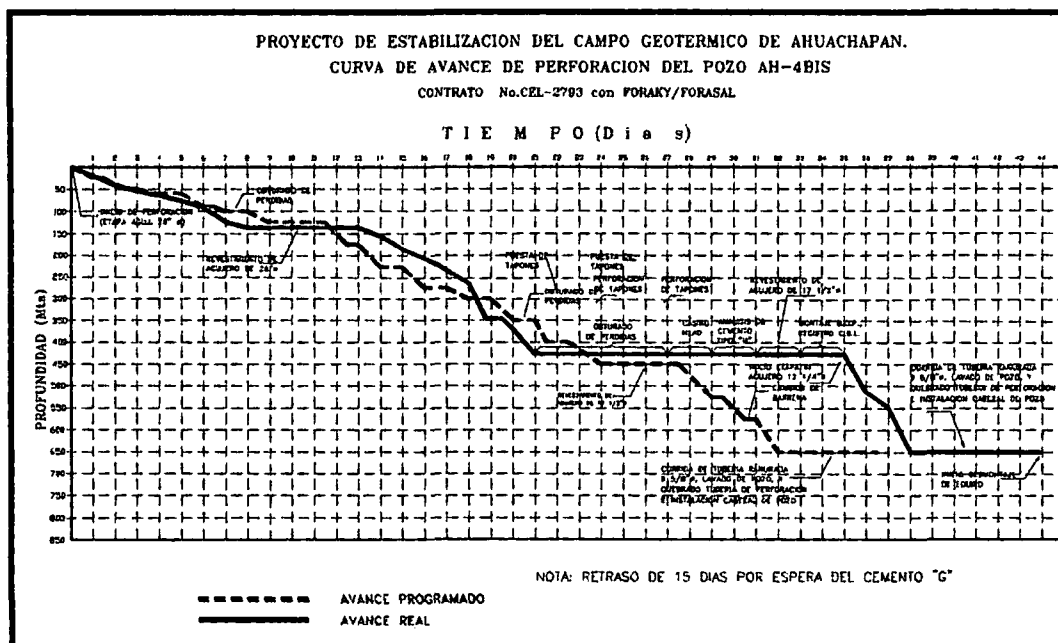
Mas tarde, se realizó una descarga del pozo, por lo cual se cambió el arreglo de los preventores y el cabezal del pozo. Por esta razón, se conectó un nuevo arreglo de tuberías al escape. La descarga parcial duró 4.5 horas.



Se abrió completamente la válvula maestra y abrió lentamente la válvula de control. Después de 1.75 horas, la válvula de control fue abierta completamente mostrando el flujo estable de vapor y una presión de cabezal del pozo de 160 psi. La zona de interés comienza aproximadamente a los 433 m de profundidad. Personal de explotación realizo mediciones y registros al flujo de vapor. Un valor mínimo de 10 Mwe fue el resultado.

CURVA DE AVANCE DEL POZO AH4-BIS

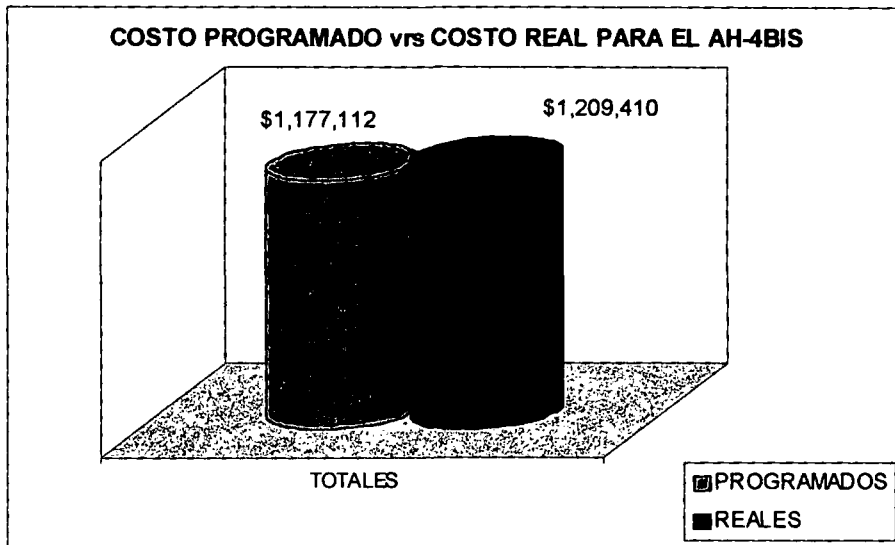
A continuación se presenta la gráfica de las curvas de avance de perforación del pozo, en el cual están ploteadas tanto la curva de avance real como la de avance programado. Es importante recalcar la modificación realizada a la curva real de acuerdo a la espera del cemento tipo G que causó un retraso de 15 días en el período de perforación del mismo.



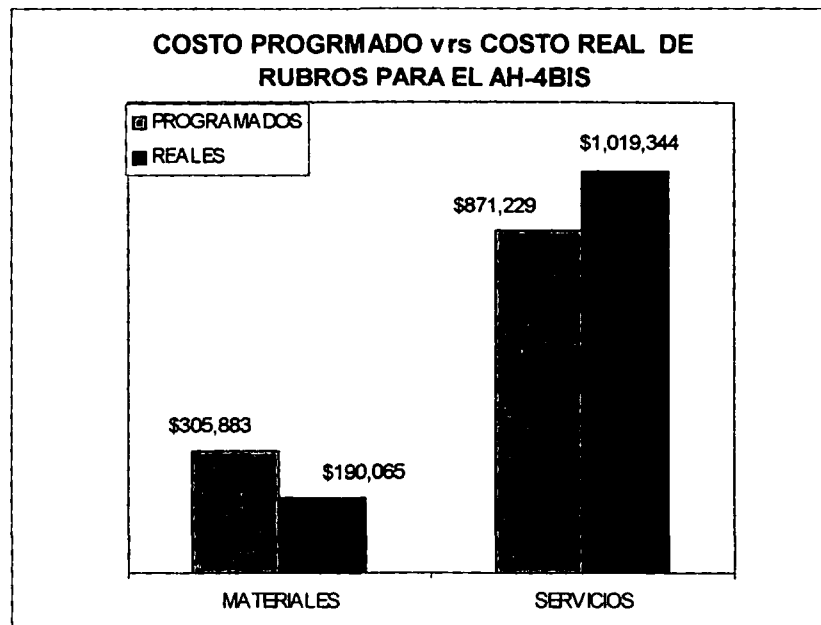
COSTOS REALES EN LA PERFORACION DEL POZO AH-4BIS

El informe se presenta en una forma gráfica dividida en dos figuras:

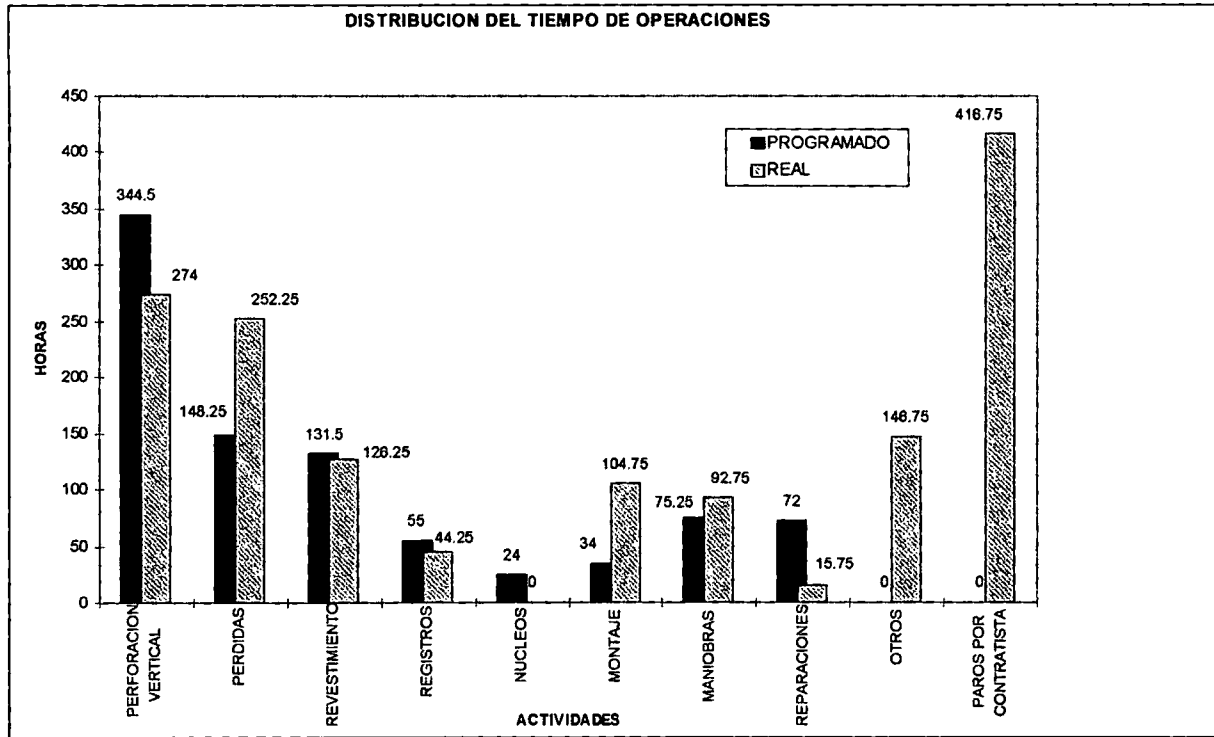
a) La primera representa el costo total programado vrs el costo real del pozo



b) La segunda representa los costos programados vrs los costos reales por rubro de Servicios de Perforación y por rubro de Suministros de Materiales.



C) El último gráfico representa las actividades programadas contra actividades reales.





GERENCIA DE RECURSOS GEOTERMICOS
SUPERINTENDENCIA DE PERFORACION Y MANTENIMIENTO DE POZOS
PROYECTO ESTABILIZACION CAMPO GEOTERMICO DE AHUACHAPAN

INFORME EJECUTIVO DEL POZO

AH-33A



INGENIERIA DE PERFORACION

OCTUBRE DE 1997



REPORTE EJECUTIVO DEL POZO AH-33A AHUACHAPAN

La perforación del pozo AH-33A, es parte de la primera fase del proyecto “Estabilidad del Campo Geotérmico de Ahuachapán”, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Elaborar un plan de para el pozo AH-33 que contenga la estrategia y secuencia lógica de perforación para un máximo de dos direccionales.

Evaluar la zona sur-este de la actual zona de producción para fines de generación eléctrica.

Ubicación Geográfica.

Campo Geotérmico:	Ahuachapán
Departamento:	Ahuachapán
Latitud:	309,719.20
Longitud:	412,661.36
Nivel sobre el mar:	917.20 mts.

Datos Generales:

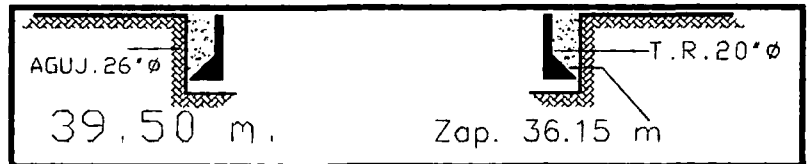
Nombre del pozo:	AH-33A
Profundidad:	1608 mts.
Contrato:	CEL-2793
Contratista:	FORASAL-FORAKY
Supervisión:	CEL
Inicio:	20 de junio de 1997
Finalización:	25 de agosto de 1997
Tiempo de duración:	67 días



Descripcion de operaciones:

Primera Etapa:

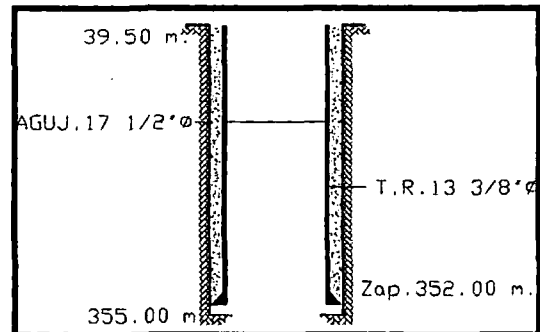
Esta primera etapa dio inicio el 20 de junio de 1997 y finalizó el 25 de junio del mismo año.



El agujero de 26" de diámetro, llegó a la profundidad de 39.5 mts. Se corrió la tubería de revestimiento de 20" sin problemas, dejando la zapata a la profundidad de 36.15 mts.

Segunda etapa:

La etapa de 17 1/2" se inició el día 27 de junio de 1997 y finalizó el día 14 de agosto de 1997. hasta una profundidad de 355 m.



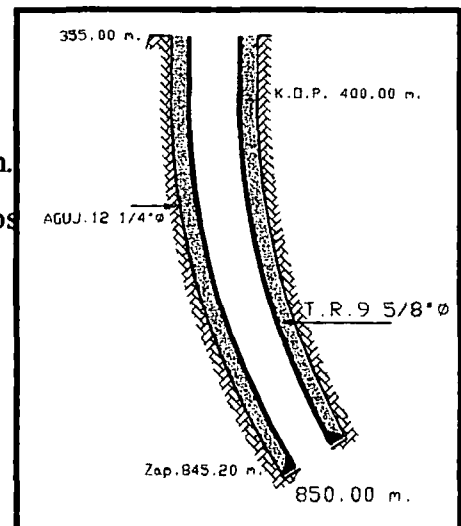
Se corrió libre la tubería de revestimiento de 13 3/8", quedando ubicada la zapata de la misma a 352 m, posteriormente se efectuó la cementación primaria sin

observar retorno a superficie, luego complementaria por el anular.

Después de 20 horas de fraguado, se realizó cementación complementaria por el espacio anular.

Tercera etapa:

La etapa de 12 1/4" comenzó el día 16 de agosto de 1997 y finalizó el día 31 de julio de 1997 hasta una profundidad de 850 m. El KOP con motor de fondo D500 dio inició a 400 m. En el anexo se presentan los resultados obtenidos con los registros de verticalidad.





A la profundidad de 850 m realizaron registros con el Caliper, Gamma ray, Azimut, inclinación y temperatura.

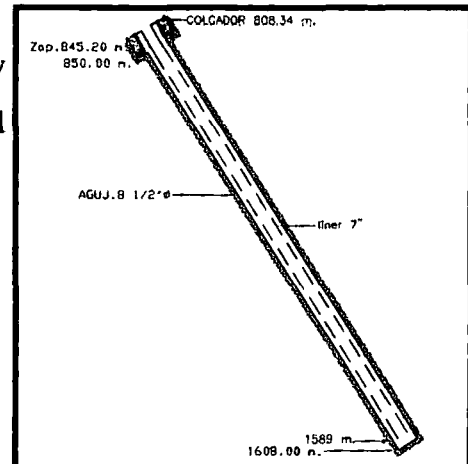
Se corrió la tubería de revestimiento de 9 5/8", empleando el programa de centralización proporcionado por Halliburton con 90% de Standoff.

Durante la cementación primaria de la tubería de revestimiento de 9 5/8" se produjo una pérdida total, luego la cementación complementaria se realizó por el espacio anular, no obteniéndose retorno se esperó fraguado por 8 hrs. para bombear una segunda cementación complementaria de una lechada de 8.9 m³ con densidad de 1.89 kg/l. a un régimen de 318.5 l/min.

Cuarta etapa:

La etapa de 8 1/2" dio inicio el día 3 de agosto de 1997 y finalizó el día 16 de agosto de 1997 la profundidad alcanzada fue de 1608 m.

Los registros de verticalidad se muestran en el anexo.



Se utilizaron fluidos de perforación tales como agua aireada, agua -aire, solamente agua.

Se realizó corte de testigo a los 1176.5 mts., y a los 1561.31 mts.

CEL se presentó para reconocer el agujero, tomar registro dinámico de temperatura y de inyektividad.

Se perforó hasta la profundidad de 1608 mts. ,pero al realizar reconocimiento al agujero se llegó hasta la profundidad de 1600 mts.

Se corrieron 58 tramos de liner de 7", el colgador quedó a 808.34 m, y el extremo inferior a 1589 m.

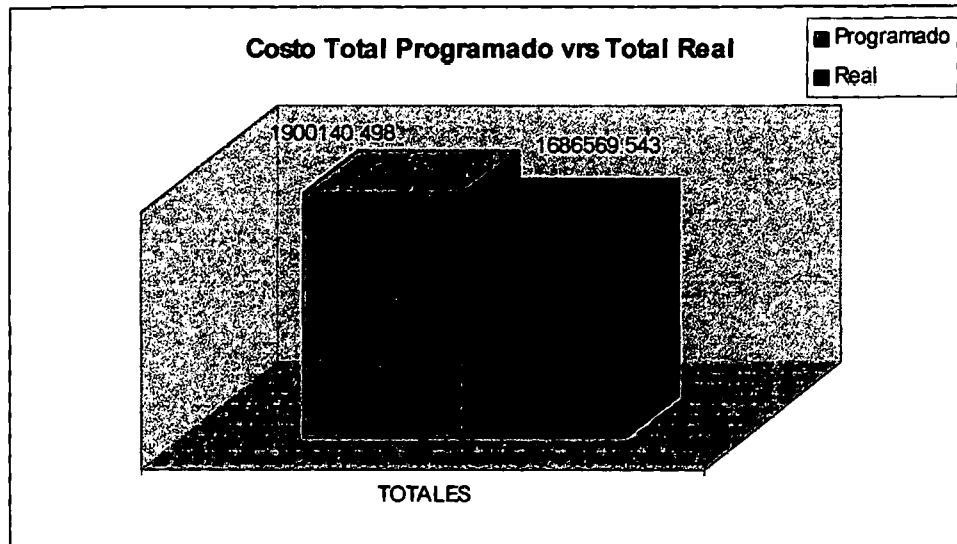
A una profundidad de 1076 m comenzaron las perdidas totales.



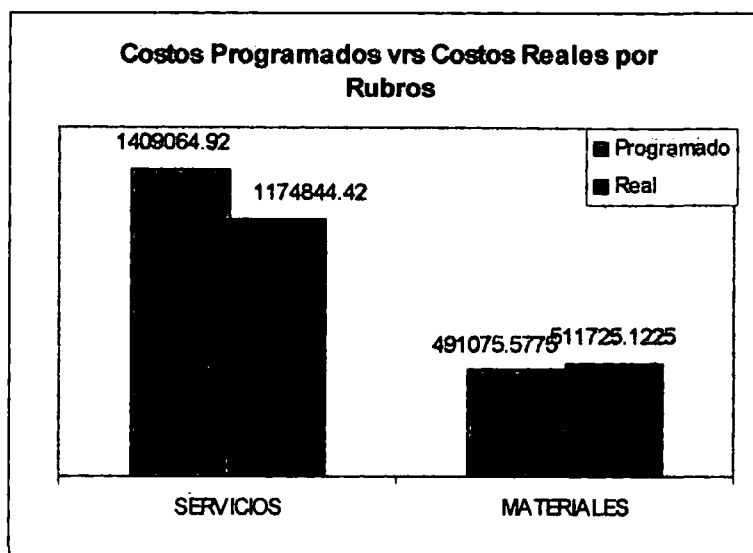
COSTOS REALES DE PERFORACION DEL POZO AH-33A

El informe se presenta en forma grafica dividido en cinco figuras:

a) El primer grafico presenta el costo total programado vrs el costo real del pozo.

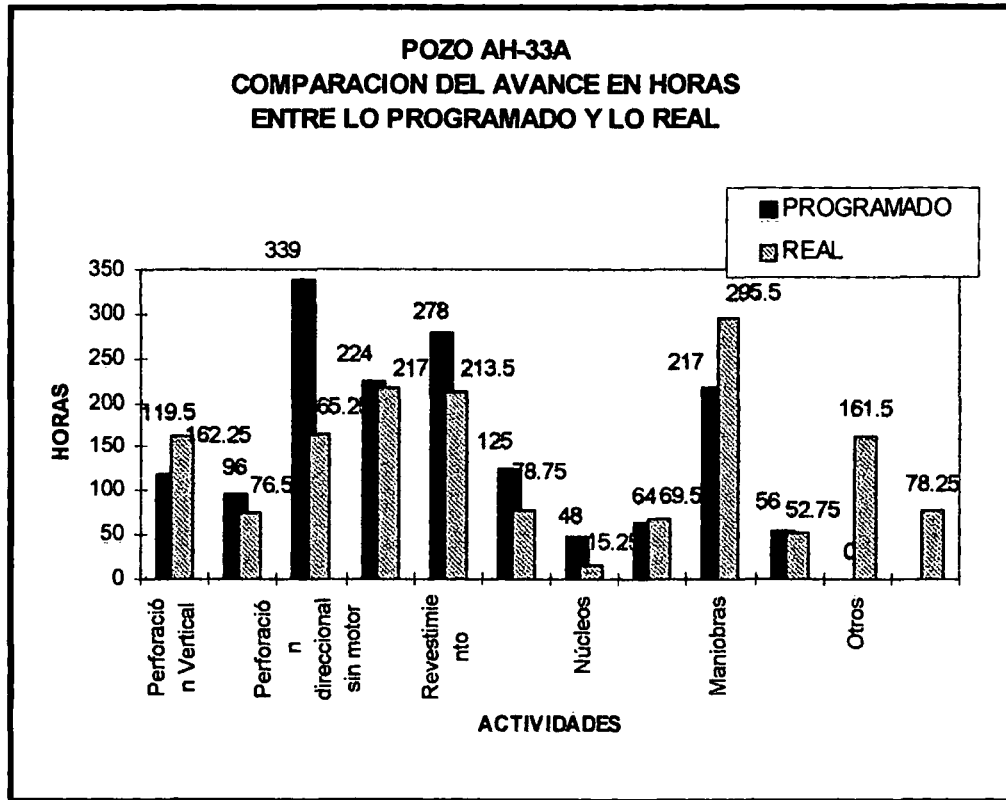


b) El segundo grafico presenta los costos totales programados vrs los costos totales reales por rubro de servicios de perforación y de suministros de materiales.





c) El ultimo grafico presenta la distribución de tiempo de perforacion por cada actividad.





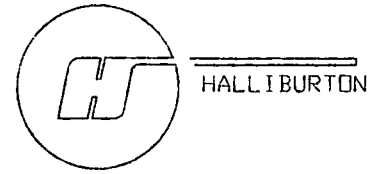
ANEXO

- GRAFICA FINAL DE PERFORACION DIRECCIONAL**

- REPORTE DE INSPECCION**

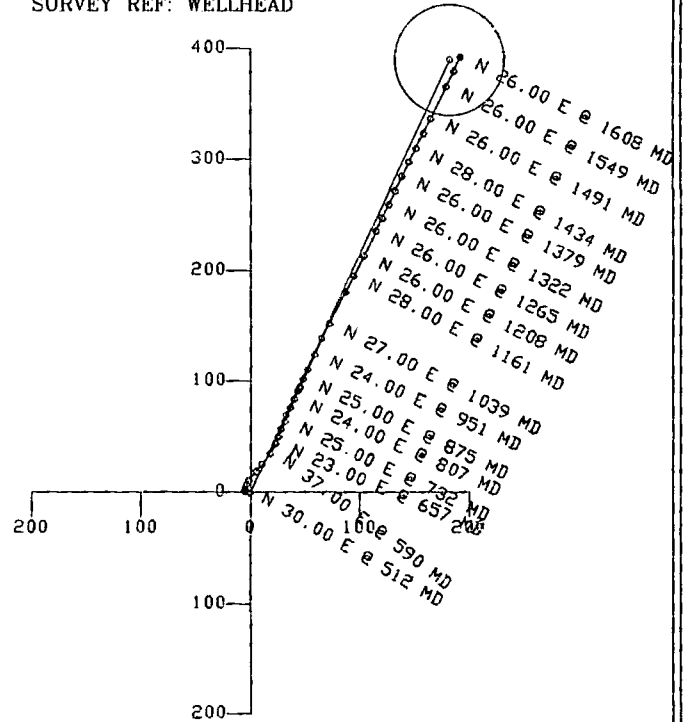
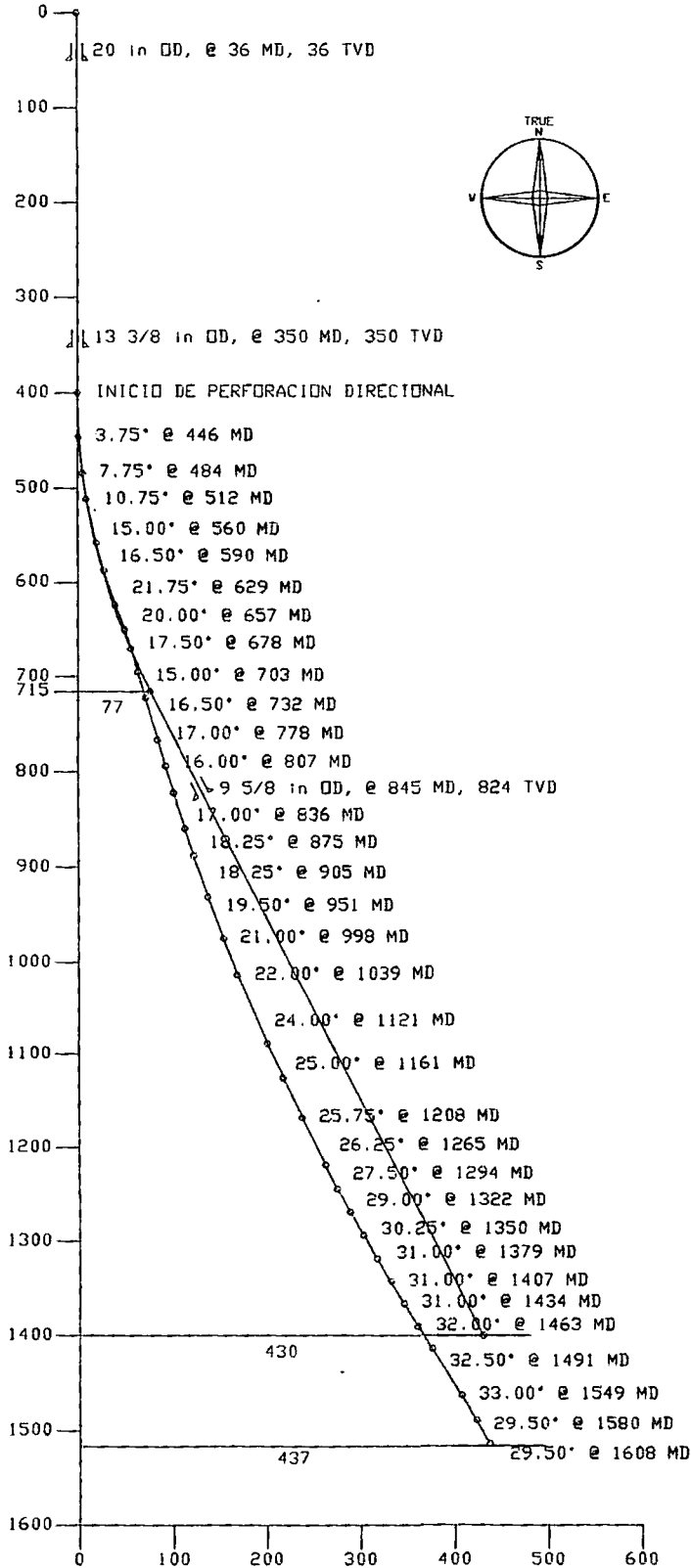
- REPORTE DE LITOLOGIA, MINERALOGIA Y PARAMETROS DE PERFORACION**

COMPANIA: CEL-FORASAL-HALLIBURTON
 CAMPO: AHUACHAPAN
 POZO: AH-33A
 GRAFICA FINAL DE PERFORACION DIRECCIONAL



SECCION VERTICAL
 SCALE 100 m. / DIVISION
 TVD REF: WELLHEAD
 VERTICAL SECTION REF: WELLHEAD

SECCION HORIZONTAL
 SCALE 100 m. / DIVISION
 SURVEY REF: WELLHEAD



SECCION VERTICAL DEL PLANO: N 25.00 E

Survey Report

Wellpath ID: AH-33A SURVEY FILE

Date Created: 7/19/97

Last Revision: 9/5/97

Calculated using the Minimum Curvature Method

Computed using WIN-CADDS REV2.2.2

Vertical Section Plane: N 25.00 E

Survey Reference: WELLHEAD
Vertical Section Reference: WELLHEAD
Closure Reference: WELLHEAD
TVD Reference: WELLHEAD

COMPANIA: CEL
CAMPO: ANUACHAPAN
POZO: AH-33 A

Measured Depth (m)	Incl (deg.)	Drift Dir. (deg.)	TVD (m)	Course Length (m)	Vertical Section (m)	TOTAL Rectangular Offsets (m)		DLS (dg/30m)	
TIE-IN AT 400 MTS.									
0.00	0.00	N 0.00 E	0.00	0.00	0.00	0.00 N	0.00 E	0.00	
INCIO DE PERFORACION DE 17 1/2"									
379.00	1.50	N 77.00 W	378.96	379.00	-1.03	1.12 N	4.83 W	0.12	
METE SARTA CON MOTOR DE FONDO (INTERPOLACION)									
400.00	1.63	N 28.00 W	399.95	21.00	-0.91	1.44 N	5.24 W	1.86	
408.00	2.25	N 28.00 W	407.95	8.00	-0.75	1.68 N	5.37 W	2.33	
446.00	3.75	N 31.00 E	445.90	38.00	0.94	3.40 N	5.08 W	2.55	
484.00	7.75	N 21.00 E	483.70	38.00	4.73	6.86 N	3.52 W	3.24	
FIN DE LA SARTA 1/INCIO DE SARTA 2									
512.00	10.75	N 30.00 E	511.34	28.00	9.22	10.89 N	1.54 W	3.56	
560.00	15.00	N 45.00 E	558.13	48.00	19.52	19.16 N	5.10 E	3.36	
FIN DE LA SARTA 2/INCIO DE LA SARTA 3									
590.00	16.50	N 37.00 E	587.01	30.00	27.34	25.31 N	10.41 E	2.64	
629.00	21.75	N 35.00 E	623.84	39.00	39.88	35.66 N	17.89 E	4.07	
657.00	20.00	N 23.00 E	650.02	28.00	49.78	44.32 N	22.74 E	4.94	
FIN DE LA SARTA 3/INCIO DE SARTA 4									
678.00	17.50	N 21.00 E	669.90	21.00	56.52	50.58 N	25.28 E	3.69	
FIN DEL SARTA 4 / INICIO DE LA 5									
703.00	15.00	N 24.00 E	693.90	25.00	63.51	57.04 N	27.94 E	3.16	
732.00	16.50	N 25.00 E	721.81	29.00	71.38	64.21 N	31.21 E	1.58	
778.00	17.00	N 25.00 E	765.86	46.00	84.64	76.22 N	36.81 E	0.33	
807.00	16.00	N 24.00 E	793.66	29.00	92.87	83.71 N	40.23 E	1.08	

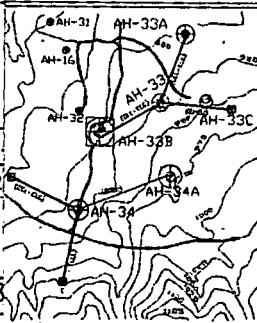
Survey Report

Wellpath ID: AH-33A SURVEY FILE

Measured Depth (m)	Incl (deg.)	Drift Dir. (deg.)	TVD (m)	Course Length (m)	Vertical Section (m)	TOTAL		DLS (dg/30m)
						Rectangular (m)	Offsets (m)	
836.00	17.00	N 24.00 E	821.47	29.00	101.11	91.24 N	43.58 E	1.03
INTERPOLACION								
845.00	17.29	N 24.24 E	830.07	9.00	103.76	93.66 N	44.66 E	1.00
FIN DEL SARTA 5/CORRIDA DE CASING								
850.00	17.45	N 24.37 E	834.84	5.00	105.25	95.02 N	45.27 E	0.99
INCIO DE LA PERFORACION DE 8 1/2 SARTA 7								
875.00	18.25	N 25.00 E	858.64	25.00	112.91	101.98 N	48.48 E	0.99
905.00	18.25	N 25.00 E	887.13	30.00	122.31	110.50 N	52.45 E	0.00
FIN DE SARTA 7/INICIO DE 8								
951.00	19.50	N 24.00 E	930.65	46.00	137.19	124.04 N	58.61 E	0.84
998.00	21.00	N 25.00 E	974.75	47.00	153.45	138.84 N	65.36 E	0.98
1039.00	22.00	N 27.00 E	1012.90	41.00	168.48	152.34 N	71.95 E	0.91
1121.00	24.00	N 28.00 E	1088.37	82.00	200.48	180.75 N	86.76 E	0.75
FIN DE LA SARTA 8/INICIO 9(CORE DE TESTIGO 6 MTS)								
1161.00	25.00	N 28.00 E	1124.77	40.00	217.05	195.40 N	94.55 E	0.75
INICIO DE SARTA 10								
1208.00	25.75	N 26.00 E	1167.24	47.00	237.17	213.34 N	103.68 E	0.73
1265.00	26.25	N 26.00 E	1218.47	57.00	262.16	235.80 N	114.64 E	0.26
1294.00	27.50	N 26.00 E	1244.34	29.00	275.26	247.58 N	120.38 E	1.29
1322.00	29.00	N 26.00 E	1269.00	28.00	288.52	259.50 N	126.19 E	1.61
1350.00	30.25	N 26.00 E	1293.34	28.00	302.35	271.94 N	132.26 E	1.34
1379.00	31.00	N 26.00 E	1318.29	29.00	317.12	285.21 N	138.74 E	0.78
1407.00	31.00	N 26.00 E	1342.29	28.00	331.54	298.18 N	145.06 E	0.00
1434.00	31.00	N 28.00 E	1365.44	27.00	345.44	310.56 N	151.37 E	1.14
1463.00	32.00	N 27.00 E	1390.16	29.00	360.58	324.00 N	158.37 E	1.17
1491.00	32.50	N 26.00 E	1413.85	28.00	375.51	337.38 N	165.03 E	0.78
FIN DE SARTA 10/INICIO DE SARTA 11 Y 12 (TESTIGOS)								
1549.00	33.00	N 26.00 E	1462.63	58.00	406.88	365.58 N	178.79 E	0.26
1580.00	29.50	N 26.00 E	1489.12	31.00	422.96	380.03 N	185.83 E	3.39
PROFUNDIDAD FINAL/FIN DE SARTA 13								
1608.00	29.50	N 26.00 E	1513.49	28.00	436.75	392.42 N	191.88 E	0.00

TERMINACION TECNICA DEL POZO

MEDIDAS	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.
DIAMETRO (pulg.)	26"	20"	17 1/2"	13 3/8"	12 1/4"	9 5/8"	8 1/2"
EFICACIA DE BUREA		94 lb/plg K-55 ROSCA BUJES CON CAMISA DE ACOPPL		54.5 lb/plg K-55, R3 ROSCA BUJES CON CAMISA DE ACOPPL		56 lb/plg (500-490) 40 Lbm/cin (37-40 m al fondo) n=00 B-1 Boreo Estrecho CON CAMISA DE ACOPPL	
PROFUNDIDAD (m.)	39.5	36.15	355	350.5	850	845.20	1608



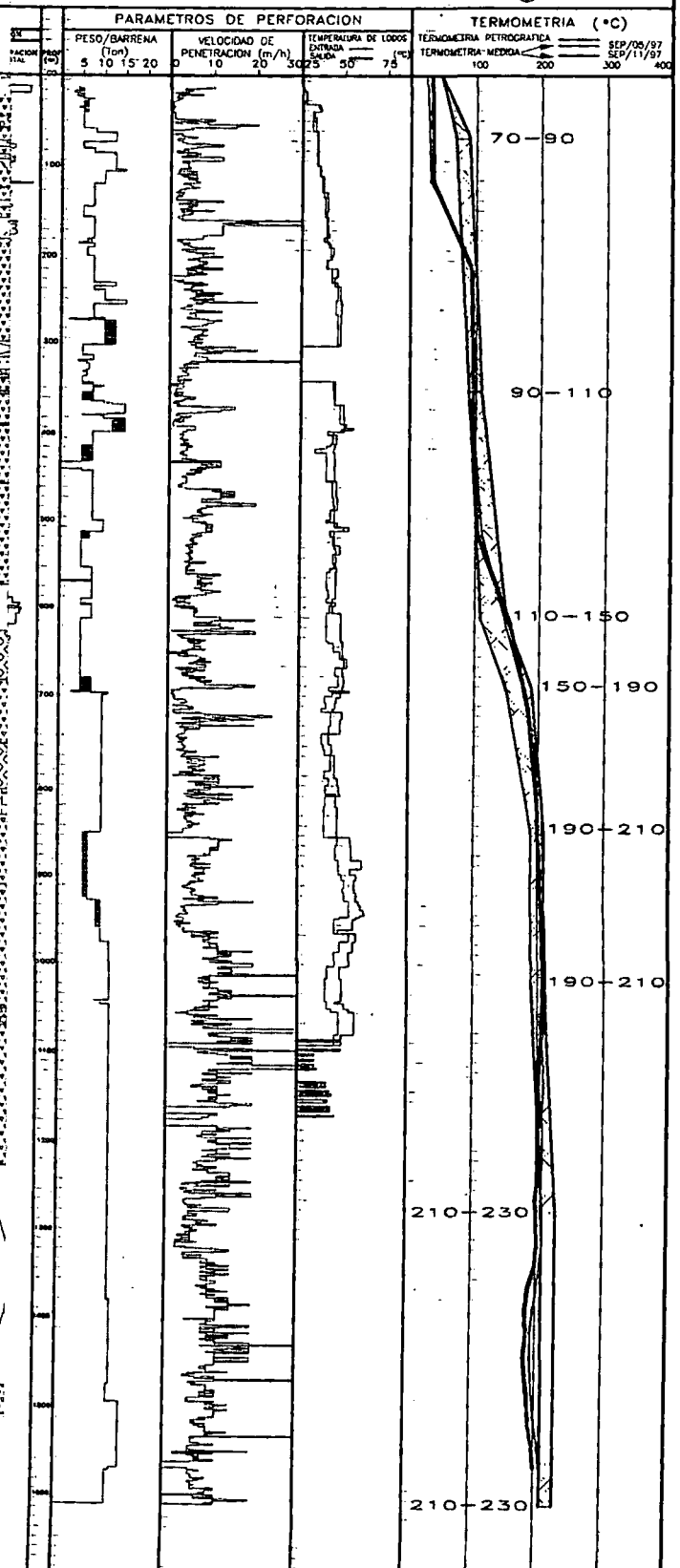
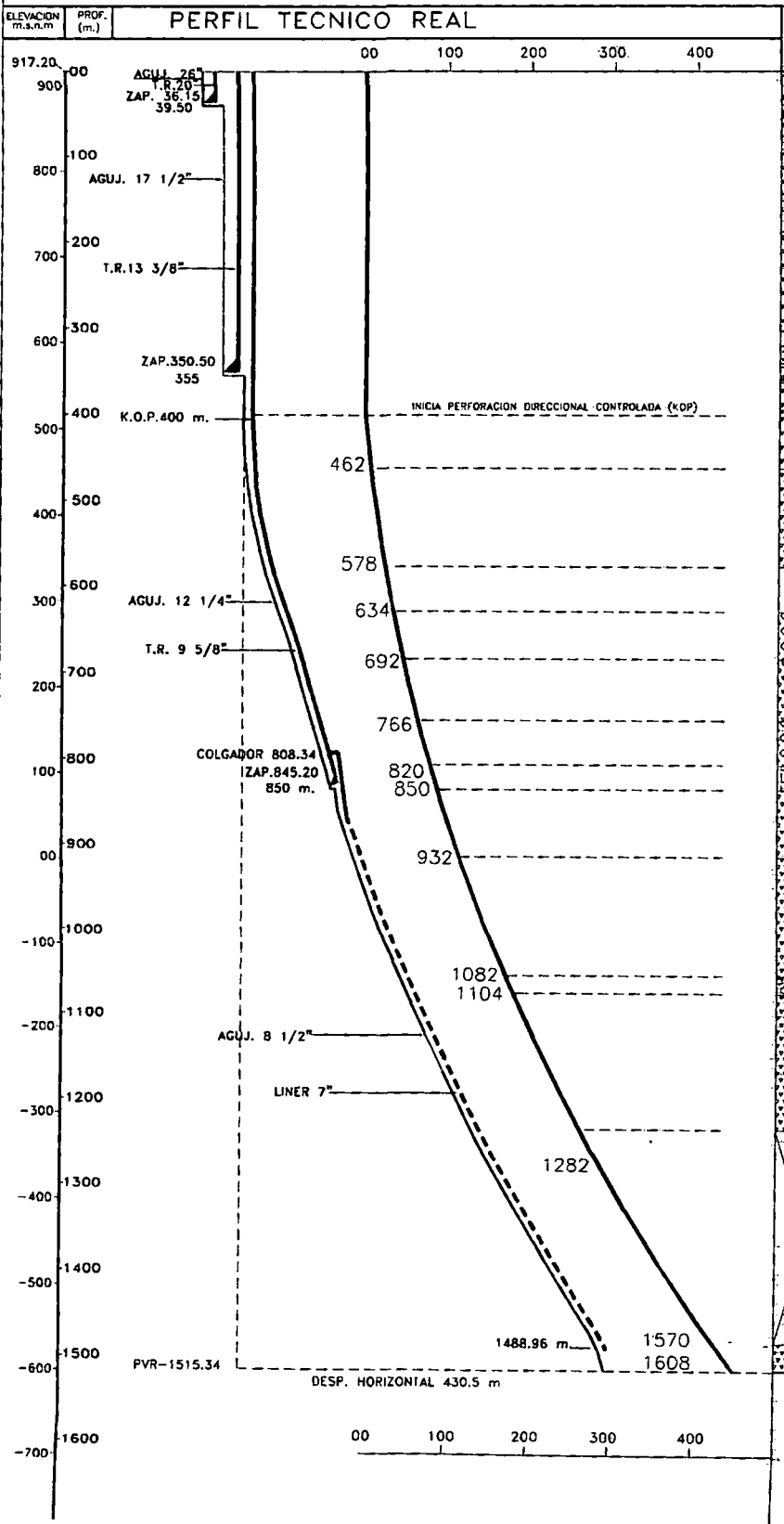
GRUPO FORASAL-FORAKY
CONTRATO CEL-2793 FASE 1

PERFIL TECNICO FINAL
POZO AH-33A DIRECCIONAL

ELABORACION: Ing. Magdaleno Perez Pol. Leonardo Cruz	SUPERVISO: Ing. M. Mota	APROBADO: Ing. Almagro	PROCESO: Oscar R. Cruz	FECHA: 3/Sep./97
REVISION: 1o. REV.	FECHA: 30/SEPT./97	REVISO: L.B. T.A.O., J.R.	FIRMA:	

PERFORACION EN PROCESO

PERFORACION TERMINADA:





GERENCIA DE RECURSOS GEOTERMICOS
SUPERINTENDENCIA DE PERFORACION Y MANTENIMIENTO DE POZOS
PROYECTO ESTABILIZACION CAMPO GEOTERMICO DE AHUACHAPAN

INFORME EJECUTIVO DEL POZO

AH-34



INGENIERIA DE PERFORACION

OCTUBRE DE 1997



REPORTE EJECUTIVO DEL POZO AH-34 AHUACHAPAN

La perforación del pozo AH-34, es parte de la primera fase del proyecto “Estabilidad del campo Geotérmico de Ahuachapán”, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Los objetivos de la perforación de este pozo son: Incrementar la disponibilidad de vapor con la que actualmente cuenta la central geotérmica y evaluar el sector suroeste de la actual zona de producción.

Las operaciones para perforar el pozo AH-34, han sido realizadas desde el 3 de mayo al 3 de julio de 1997.

Ubicación Geográfica

Campo Geotérmico:	Ahuachapán
Departamento:	Ahuachapán
Longitud:	412,118.63
Latitud:	309,135.67
Nivel sobre el mar:	907.615 mts.

Datos Generales:

Nombre del pozo:	AH-34
Profundidad:	1601 m.
Contrato:	CEL-2793
Contratista:	FORASAL-FORAKY
Supervisión:	CEL
Inicio:	3 de mayo de 1997.
Tiempo de duración:	53 días.

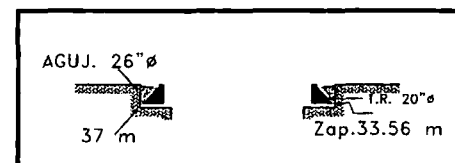
Descripción de las operaciones:

Primera etapa:

Comenzó el día 3 de mayo de 1997.

Agujero de 26”, se perforó hasta la profundidad de 37 m.

Esta etapa tomó 3 días, desde el 3 de mayo hasta el 5 de mayo.

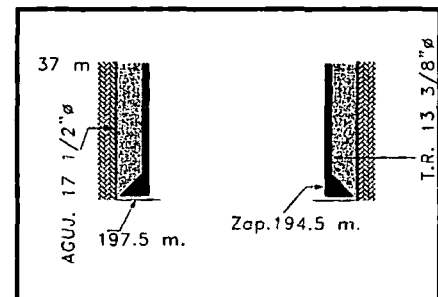


El día 5 de mayo se procedió a colocar la tubería de revestimiento de 20", K55 94.00 lb/ft, buttress thread.

La primera etapa no estaba contemplada dentro del programa original, surgió a raíz del problema que se tuvo en el canal de desagüe a la fosa de lodos. Con esta primera etapa lo que se busca es estabilizar el terreno donde ocurrió la pérdida.

Segunda etapa:

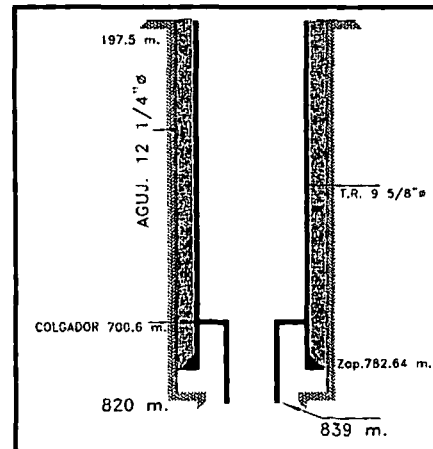
Agujero de 17 1/2". Esta etapa comenzó el día 7 de mayo de 1997 y finalizó el día 12 de mayo del mismo año. Se procedió a realizar la cementación por el método Stab-in. La zapata fue colocada a una profundidad de 194.5 m.



Tercera Etapa:

Agujero de 12 1/4". Comenzó el día 14 de mayo de 1997 finalizó el 1º de junio del mismo año. Se perforó el agujero de 12 1/4" hasta la profundidad de 820 m. Se utilizó el método Stab-in para cementar, debido a las pérdidas de circulación, durante la cementación se procedió a cementarla tres veces más, a través del espacio anular.

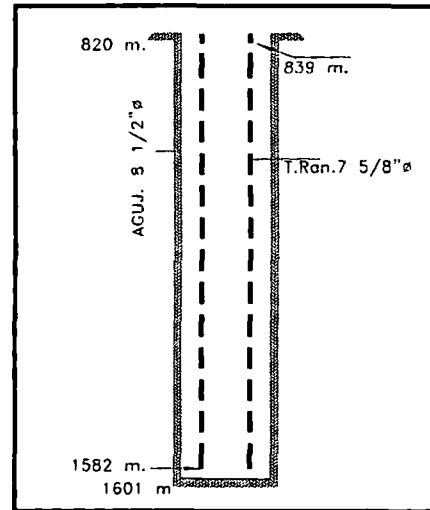
Schlumberger realizó un CBL, obteniéndose valores entre 75 y 80% de calidad del cementado.



Cuarta etapa:

Se perforó utilizando la barrena de 8½” hasta una profundidad de 1601 m, en donde se encontraron perdidas de circulación. Durante la perforación se procedió a inyectar agua aireada para obtener retorno de recortes a superficie.

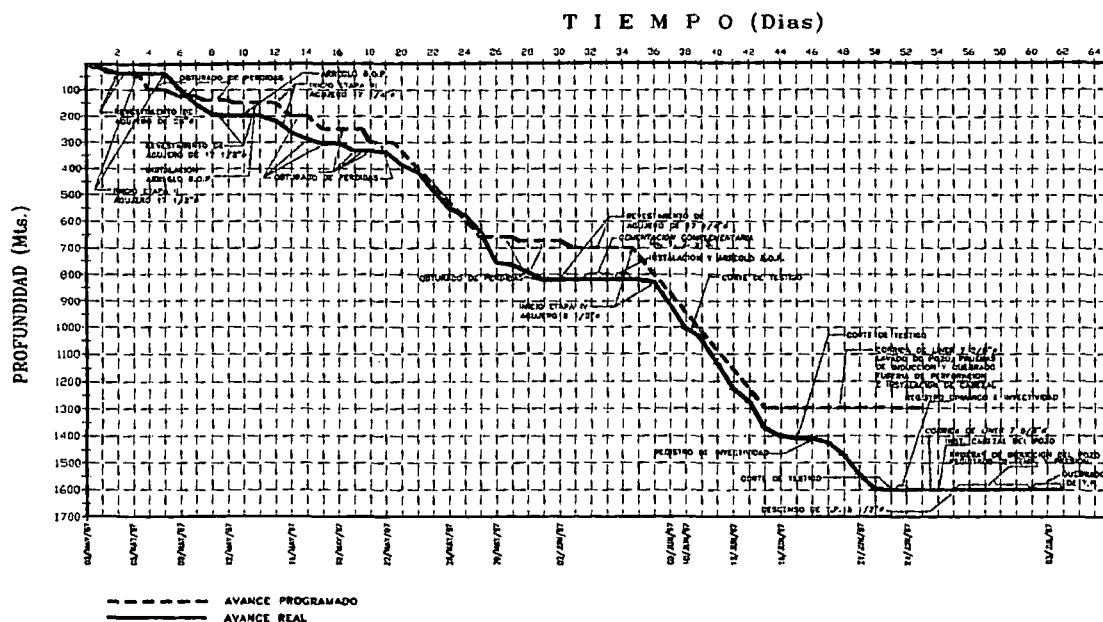
Los registros de temperatura e inyectividad fueron tomados a los 1405 m de profundidad. El índice de inyectividad estuvo entre 3 y 6 lt/seg por bar, lo cual significa una buena permeabilidad del pozo.



Las perdidas totales comenzaron a encontrarse a 1,009 m de profundidad.

CURVA DE AVANCE DEL POZO AH-34

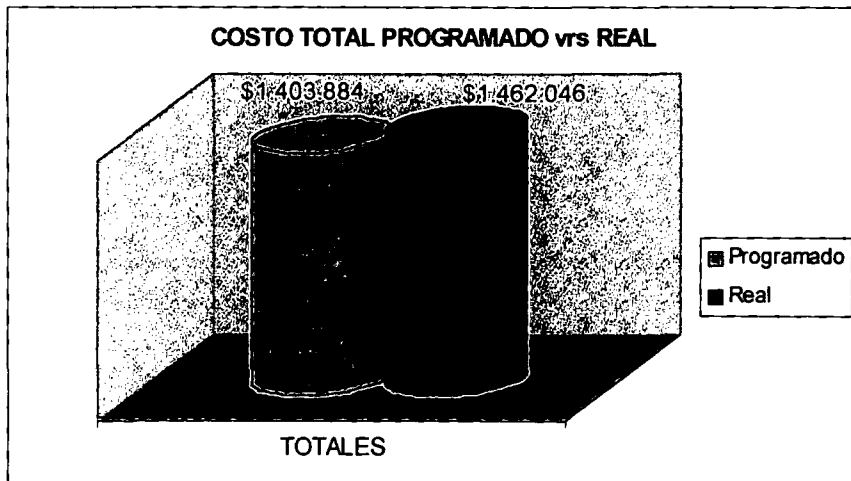
A continuación se presenta el gráfico que contiene la curva de avance tanto real como programada para el pozo AH-34.



COSTOS REALES EN LA PERFORACION DEL POZO AH-34

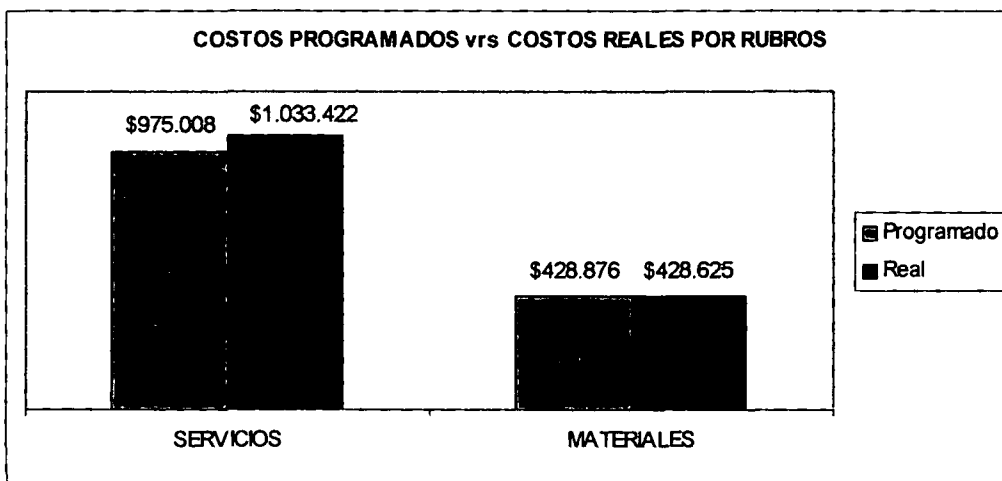
Este informe se presenta en una forma gráfica dividido en cuatro figuras:

a) El primer gráfico presenta el costo total programado vrs. el costo real del pozo

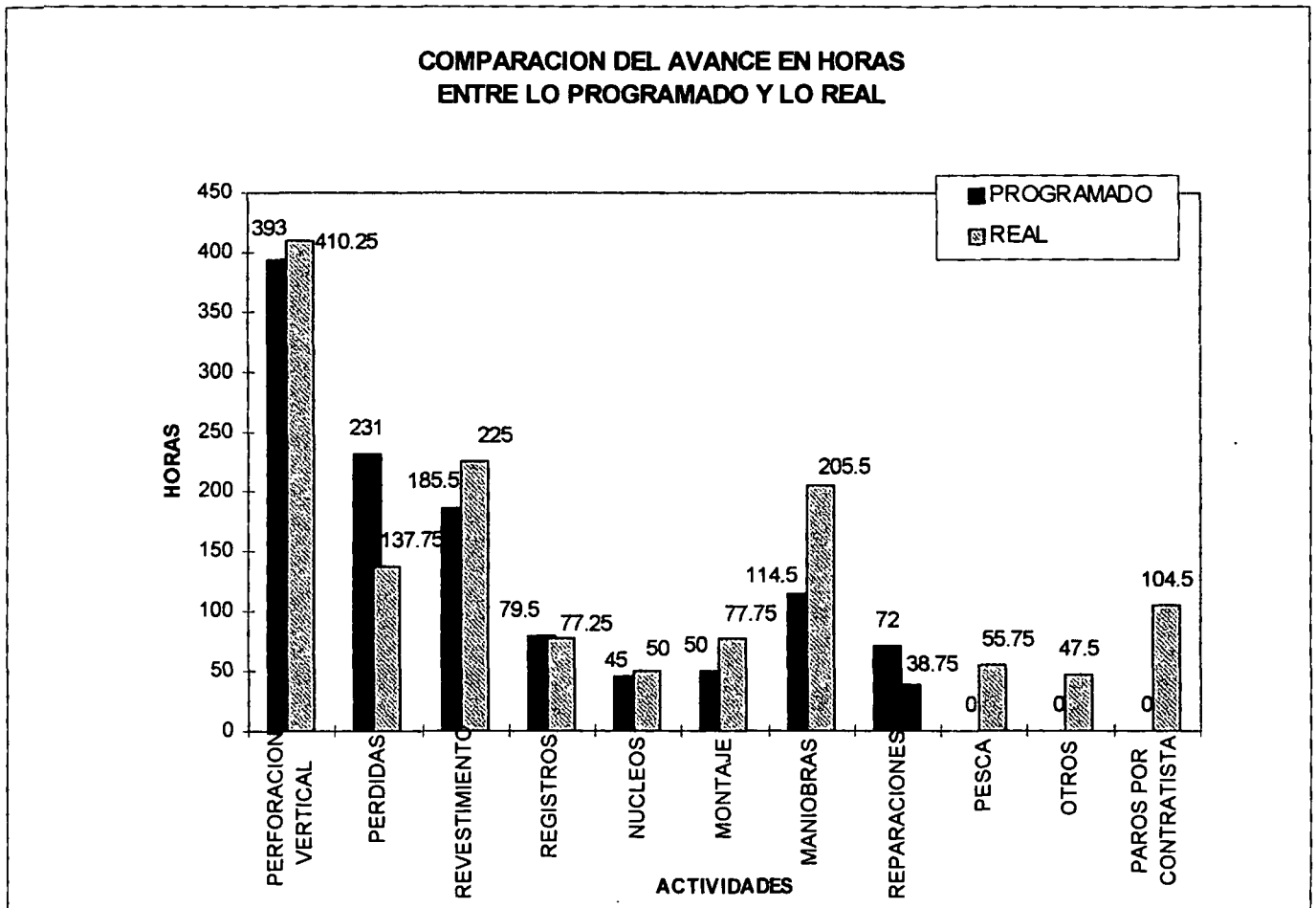


b) La segunda figura representa los costos totales programados vrs los costos reales por rubros de Servicios de Perforación y de Suministros de Materiales.

(Costo programado / metro perforado: \$ 913 (para una profundidad de 1601 m))



c) El último gráfico representa la distribución de tiempo de perforación por cada actividad.



TERMINACION TECNICA DEL POZO

PROYECTO PROGR

GRUPO FORASAL-FORAKY

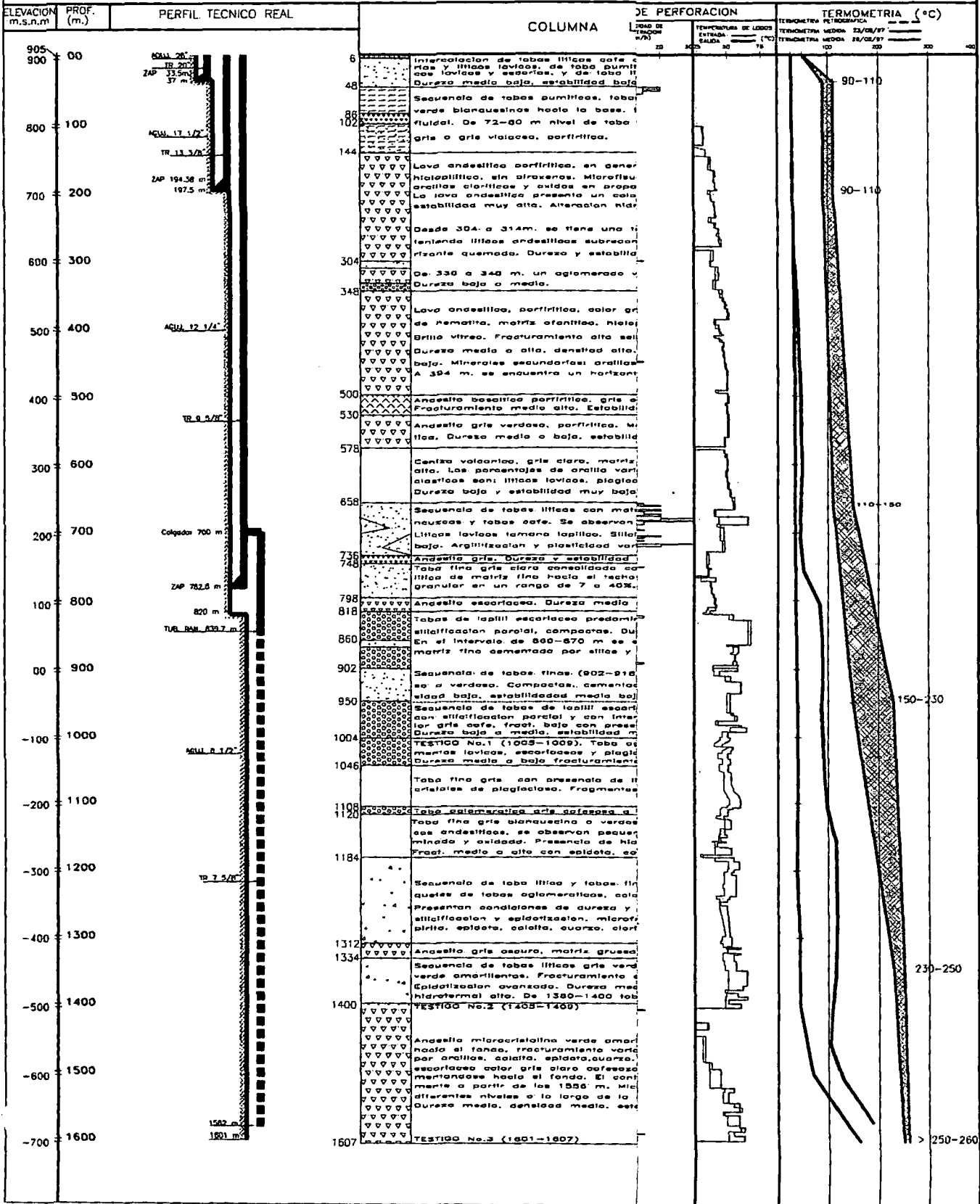
CONTRATO CEL-2793 FASE 1

MEDIDAS	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.
DIAMETRO (pulg.)	26"	20"	17 1/2"	13 3/8"	12 1/4"	9 5/8"	8 1/2"	7 5/8"
ESPECIFICACIONES DE RUBERIA	94 lb/pla K-55 Rosca Butirra con cambio de rosca		54.5 lb/pla K-55, R3 Rosca Butirra con cambio de rosca		47 lb/pla L-40, R3 Rosca Butirra con cambio de rosca		47 lb/pla L-40, R3 Rosca Butirra con cambio de rosca	47 lb/pla L-40, R3 Rosca Butirra con cambio de rosca
UNIDAD	37	33.5	197.5	194.38	820	782.8	1601	700-1582

LAT.

PERFIL TECNICO FINAL
POZO AH-34

ELABORADO: Ing. Guillermo Maza Ing. Alejandro Perez	SUPERVISADO: Ing. Luz Darias	APROBADO: Ing. Ruben Lopez	PROCESADO: Oscar Cruz	FECHA: 8/Oct/97
REVISADO:	FECHA:	REVISADO:	FECHA:	FIRMA:
1o. REV.	30/SEPT./97	L.B.T.A.O., J.R.		

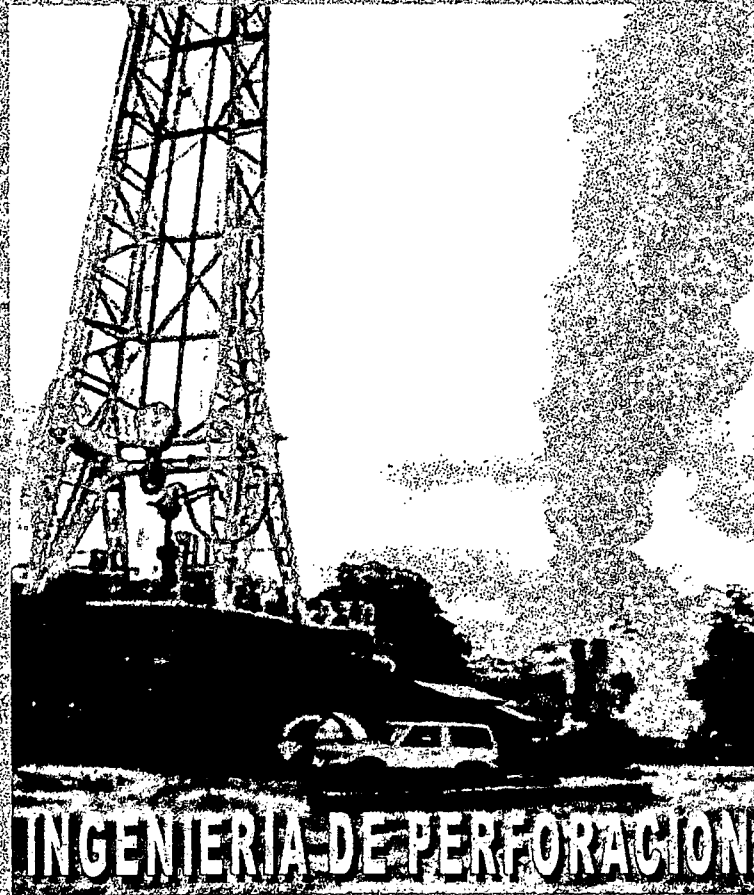




GERENCIA DE RECURSOS GEOTERMICOS
SUPERINTENDENCIA DE PERFORACION Y MANTENIMIENTO DE POZOS
PROYECTO ESTABILIZACION CAMPO GEOTERMICO DE AHUACHAPAN

INFORME EJECUTIVO DEL POZO

AH-34A



OCTUBRE DE 1997



REPORTE EJECUTIVO DEL POZO AH-34A AHUACHAPAN

La perforación del pozo AH-34A, es parte de la primera fase del proyecto “Estabilidad del campo geotérmico de Ahuachapán”, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El pozo direccional AH-34A, será perforado con el propósito de evaluar la zona sur y sureste de la actual zona de producción con fines de incrementar la generación de energía eléctrica.

Ubicación Geográfica

Campo Geotérmico:	Ahuachapán
Departamento:	Ahuachapán
Latitud:	309,127.62
Longitud:	412,112.69
Elevación (msnm):	907,615

Datos Generales:

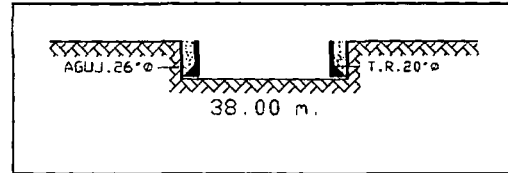
Nombre del pozo:	AH-34A
Profundidad:	1628-mts.
Contrato:	CEL-2793
Contratista:	FORASAL-FORAKY
Supervisión:	CEL
Inicio:	8 julio de 1997
Finalización:	22 septiembre de 1997.
Tiempo de duración:	76 días.



Descripción de las operaciones:

Primera etapa:

La perforación de la etapa de 26" dió inicio el día 8 de julio de 1997 y finalizó el 11 de julio del mismo año



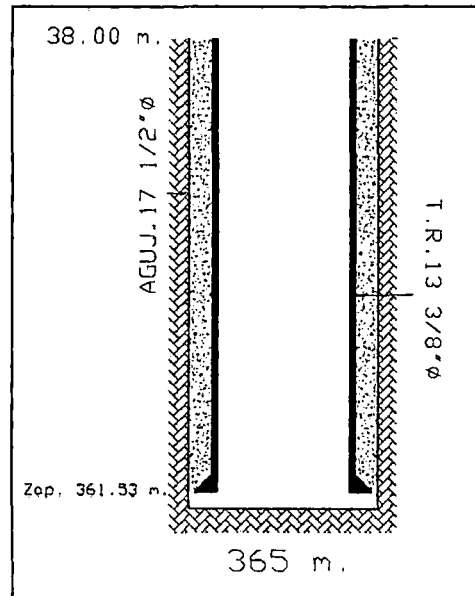
hasta la profundidad de 38 mts. La zapata quedo a una profundidad de 35.38 mts, la tubería de revestimiento de 20" fue cementada por el metodo stab-in .

Segunda etapa:

La perforación de la etapa de 17 ½" dió inicio el 12 de julio de 1997 a la profundidad de 38 mts, y finalizó el día 26 de julio de 1997 a la profundidad de 365 mts.

A la profundidad de 365 mts, se colocó la tubería de revestimiento 13 3/8" consistente en 27 tubos con 13 centralizadores

Se realizaron cuatro mediciones utilizando single shot con los resultados mostrados en el anexo de este informe.



La zapata se descendió a una profundidad de 361.53m.

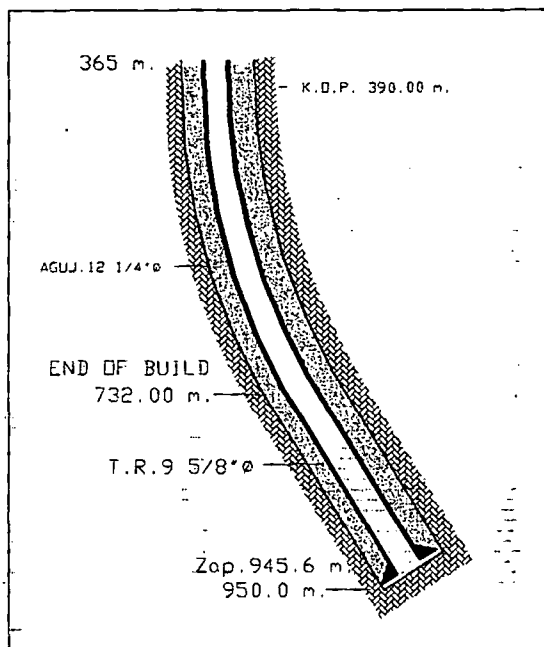


Tercera etapa:

La perforación de la etapa de 12 1/4" dió inicio el día 27 de julio de 1997 a la profundidad de 365 mts y finalizó el día 13 de agosto de 1997 a la profundidad de 950 mts.

A la profundidad de 390 mts se inició la perforación con motor de fondo

Los registros de inclinación y rumbo que fueron tomados se muestran en el anexo, además se indica el desplazamiento y coordenadas.



Se inició la perforación con sarta empacada a la profundidad de 508 mts, por lo cual se recuperó herramienta con motor de fondo.

A la profundidad de 594 mts, se recuperó la herramienta para bajar posteriormente con motor de fondo con el objetivo de recuperar ángulo.

Después de orientar el ángulo, se procedió a recuperar el motor de fondo para continuar perforando con sarta rotatoria.

Se observó falta de peso en la herramienta a los 675.5 mts, aproximadamente 14 ton, por lo que se procedió a recuperar la misma.

Se descendió over shot, la boca del pescado se encontró a 591.14 m. y fue pescada al primer intento. Se recuperó herramienta a superficie.

Al llegar a los 816.0 m. se procedió a medir temperatura estática de formación (Depto de explotación CEL), dando como resultado 146° C.



En el fondo del agujero, a la profundidad de 945 mts, se realizó un registro BGT, y se obtuvo un resultado de una pequeña desviación.

Se realizó corrida de tubería de 9 5/8" consistente en 69 tubos, 13 de 40 lb/ft y los restantes de 36 lb/ft.

La zapata quedó a una profundidad de 945.6 m.

Previo a la cementación de la tubería de revestimiento, se inyectó un frente espaciador de agua, seguido de un volumen de lechada de 42.8 m³, con densidad 1.88 kg/lt. La lechada fue desplazada con agua. La cementación se realizó en circulación normal hasta bombear 22.84 m³, luego se presentaron pérdidas totales de circulación bombeándose 5.7 m³. La circulación se recuperó inyectándose 5 m³, luego se perdió por completo el retorno. El volumen de lechada bombeada representa el 93% del volumen geométrico real del espacio anular hasta el nivel de la zapata.

Luego, con la finalidad de limpiar el anular se inyectó agua. Seguidamente se envió 35m³ de lechada con densidad 1.8 kg/lt.

Se llevó a cabo la cementación complementaria número 2, inyectándose 12.6 m³ de lechada de cemento, obteniéndose retorno.

Luego se midió cima de cemento a 2.5 mts, realizando una nueva cementación complementaria de 0.075 m³ de lechada de cemento.

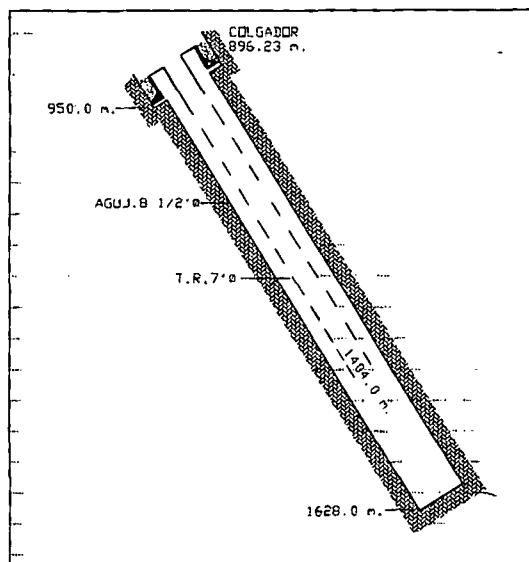
Se realizó la prueba de cierre de preventores a 400 psi con resultado positivo.



Cuarta etapa

La perforación de la etapa de 8 1/2" dió inicio el día 14 de agosto de 1997, a una profundidad de 950 mts perforados, y finalizó el 13 de septiembre de 1997 a la profundidad de 1628 mts.

Se realizó un Single Shot a la profundidad de 967 mts, con resultado de 31° de inclinación y rumbo N44°E. Luego, a los 978.5 mts, se recuperó herramienta y se procedió a descender sarta con motor de fondo



Los resultados del single shot se muestran en el anexo.

Se presentó pérdida total de circulación perforando de los 987.5 mt hasta 1002 mt. Luego se presentó pérdida parcial desde 1002 mt hasta 1017 mt, de 80 m³/hr.

A esta profundidad de 1017 mts, se recuperó herramienta con motor de fondo hasta la superficie y se descendió sarta empacada con barrena nueva.

Se realizó reconocimiento del agujero desde 978.5 hasta 1017 utilizando aire, el que fue cortado a esta profundidad para la detección de la condición de pérdida total existente.

A la profundidad de 1094 mts, se recuperó herramienta a superficie y se descendió sarta con motor de fondo con la finalidad de levantar ángulo y corregir rumbo.

A la profundidad de 1169 mts fue necesario recuperar herramienta debido a daños en la camisa orientadora, para luego continuar perforando con motor de fondo.

Se continuó perforación con sarta empacada desde 1197.5 mts, por lo cual se recuperó herramienta con motor de fondo a superficie.

Se realizó reconocimiento del agujero desde la profundidad de 1122 hasta 1197.5 en presencia de pérdida total de circulación



A la profundidad de 1215 mts, se observó pérdida de peso en la sarta, obteniéndose una rotura en la tubería de perforación. Dentro del pozo quedaron aproximadamente 878 m de sarta

Se descendió overshot para pescar herramienta por el cuerpo de la tubería, pero el resultado fue negativo, por tanto se recuperó herramienta y se cambió el pescante para atrapar la herramienta por la junta de la tubería de perforación rota. La pesca fue positiva, por lo que se procede a recuperar herramienta con pescado.

Se realizó la toma de testigo desde la profundidad de 1378 hasta 1381 mts con corona de 6 1/2" x 3 1/2"

Aproximadamente a 1403 m se presentó un atrape en la herramienta, la cual fue liberada. Se alcanzó la profundidad establecida de 1628 mts en condiciones de pérdida total de agua.

Luego, durante la recuperación de la sarta a la profundidad de 1015 metros, se da atrape de herramienta, la cual fue fracturada al tensionarla, quedando la boca del pescado a una profundidad de 292 mts, pescado recuperado en parte ya que quedó uno nuevo en el agujero cuya boca estaba a 1003.91 mts,

En la operación de recuperación del pescado se utilizó tubería lavadora. Se procedió a reperfilar el agujero en diferentes profundidades utilizando agua-aireada aun con el pescado en el agujero, pero este pudo ser evacuado, constando de el kmonel, el near bit, y la barrena.

Se corrió la tubería ranurada, compuesta de 34 tubos ranurados y 4 tubos lisos, la zapata quedó a 1404 metros y el colgador a 896.23 metros.



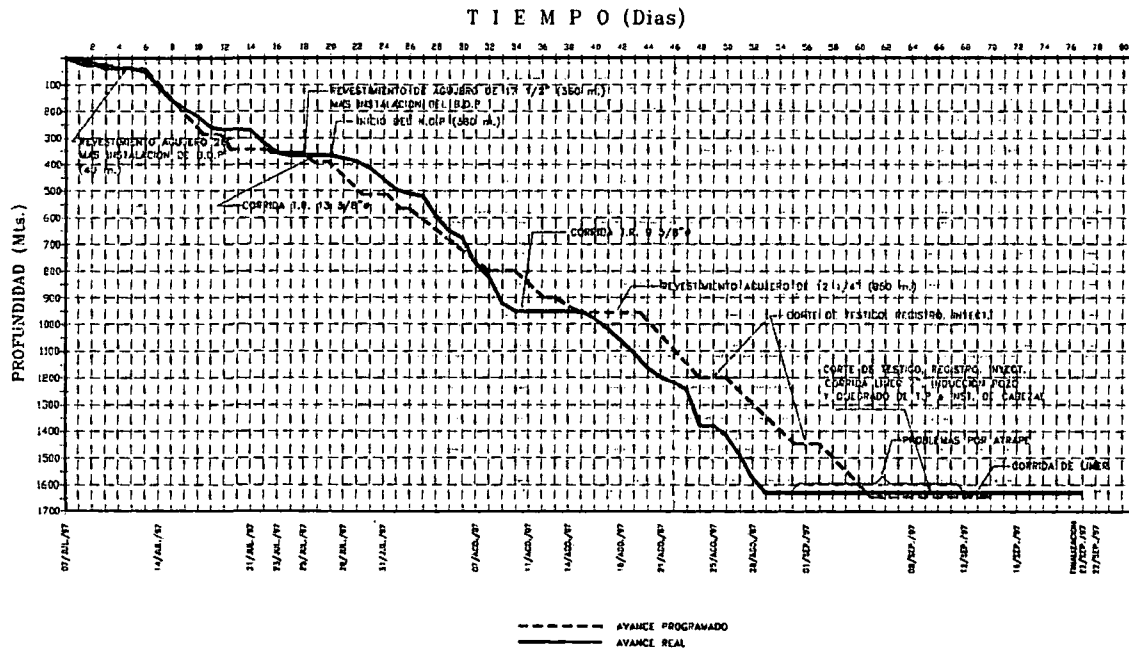
Etapa de inducción:

Esta etapa inició el día 15 de septiembre de 1997 y finalizó el día 22 de septiembre de 1997.

La presión final estuvo en el rango de 27.5 - 28.0 psi, caudal de 20.8 kg/seg, temperatura de 98 °C , fluyendo el pozo naturalmente.

CURVA DE AVANCE DEL POZO AH-34A

A continuación se presenta el gráfico que contiene la curva de avance real y programada del pozo AH-34A.

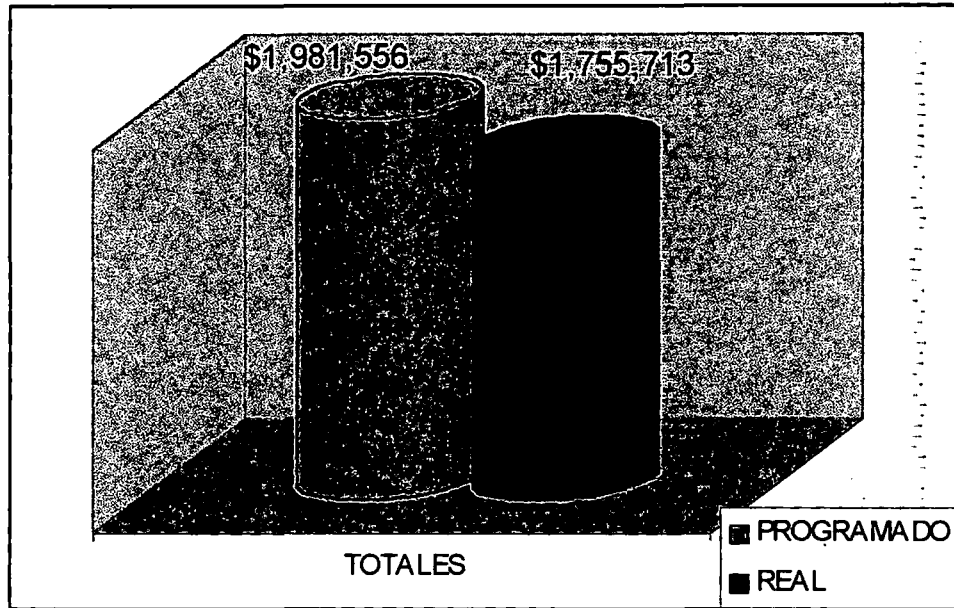


COSTOS REALES EN LA PERFORACION DEL POZO AH-34A

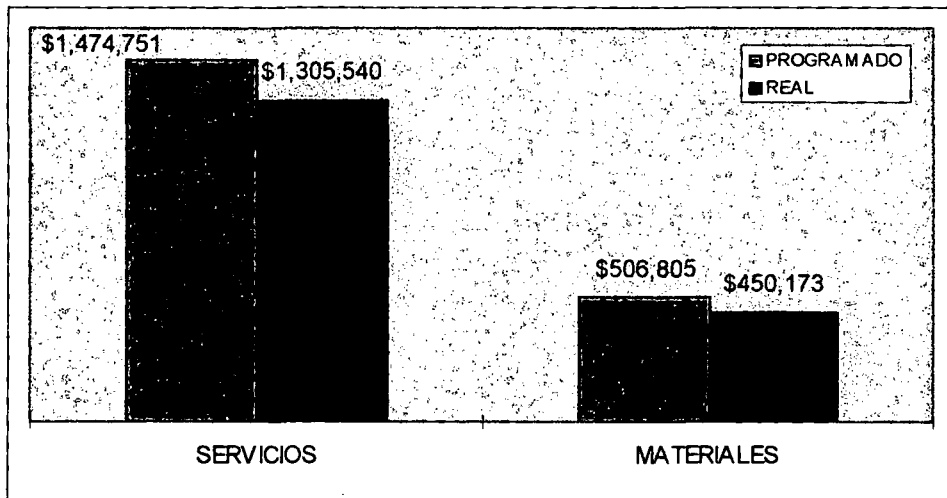
Los costos programados fueron calculados para la terminación vertical final de 1600 m. Sin embargo, la terminación vertical final del pozo fué de 1628 m, así es que representa casi un 2% adicional de metros perforados.



a) El primer gráfico presenta el costo total programado vs. el costo real del pozo.



b) La segunda figura representa los costos totales programados vs. los costos reales por rubros de Servicios de Perforación y de Suministros de Materiales.

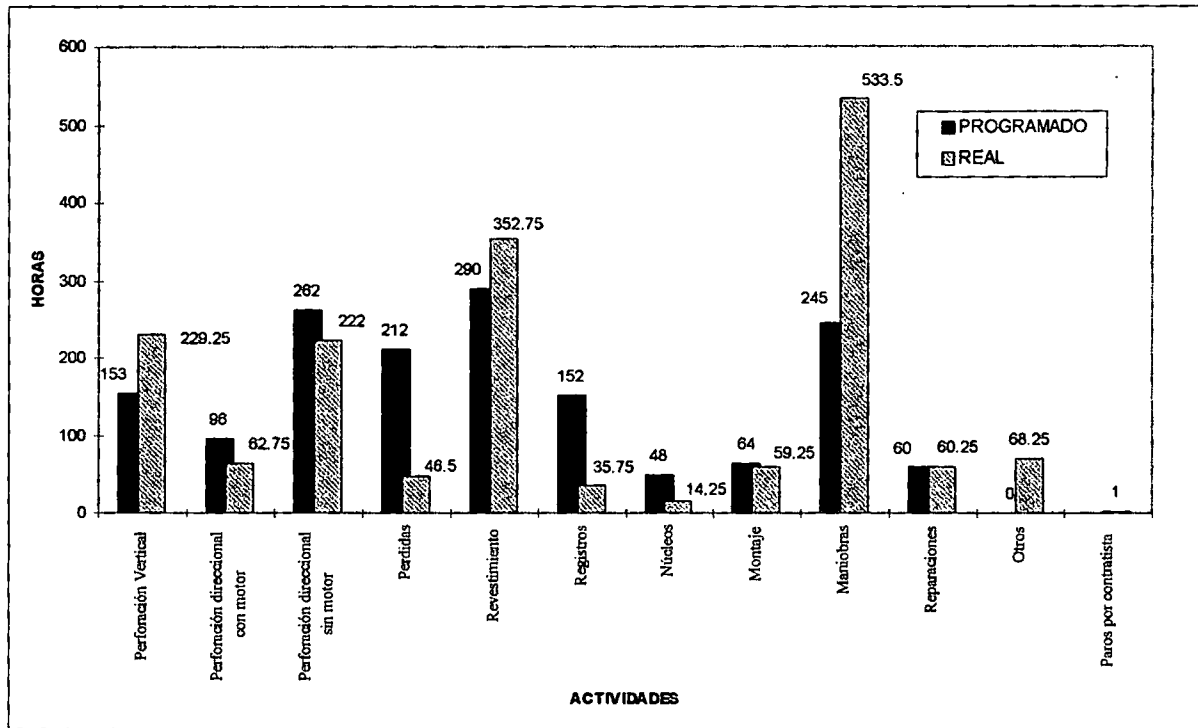


Costo programado / metro perforado: \$ 922 (para 1600 m)

Costo real / metro perforado: \$ 802 (para 1628 m)



e) El ultimo grafico representa la distribución de tiempo de perforación por cada actividad.





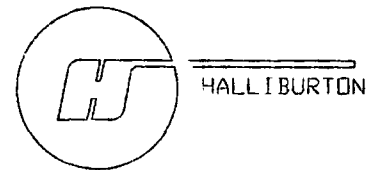
ANEXO:

- GRAFICA FINAL DE PERFORACION DIRECCIONAL**

- REPORTE DE INSPECCION**

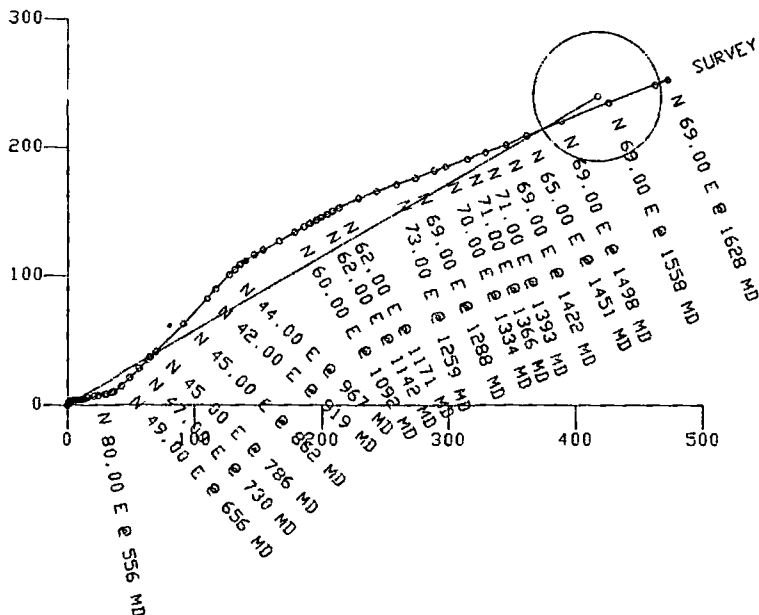
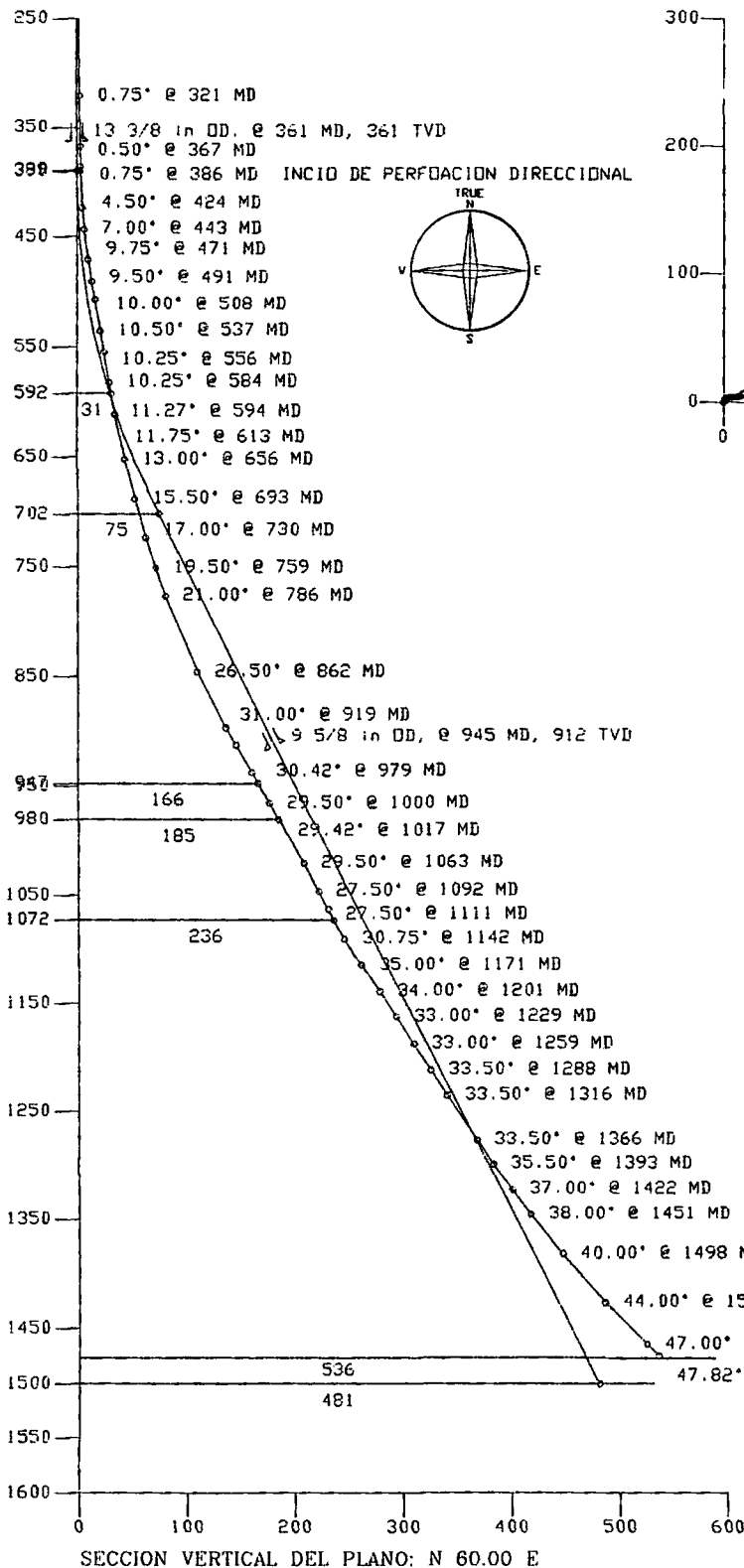
- REPORTE DE LITOLOGIA, MINERALOGIA Y PARAMETROS DE PERFORACION**

CEL-FORASAL-HALLIBURTON
 AHUACHAPAN
 AH-34 A
 GRAFICA FINAL DE PERFORACION DIRECCIONAL



SECCION VERTICAL
 SCALE 100 m. / DIVISION
 TVD REF: WELLHEAD
 VERTICAL SECTION REF: WELLHEAD

SECCION HORIZONTAL
 SCALE 100 m. / DIVISION
 SURVEY REF: WELLHEAD



SECCION VERTICAL DEL PLANO: N 60.00 E

PROFUNDIDAD FINAL DEL POZO

Survey Report

Calculated using the Minimum Curvature Method

Computed using WIN-CADDS REV2.2.2

Vertical Section Plane: N 60.00 E

Survey Reference: WELLHEAD

Vertical Section Reference: WELLHEAD

Closure Reference: WELLHEAD

TVD Reference: WELLHEAD

CEL
AHUACHAPAN
FORASAL
AH-34 A

Measured Depth (m)	Incl (deg.)	Drift Dir. (deg.)	TVD (m)	Course Length (m)	Vertical Section (m)	TOTAL		DLS (dg/30m)	
						Rectangular Offsets (m)	(m)		
0.00	0.00	N 0.00 E	0.00	0.00	0.00	0.00 N	0.00 E	0.00	
56.00	1.00	N 58.00 E	56.00	56.00	0.49	0.26 N	0.41 E	0.54	
141.00	0.75	N 52.00 W	140.99	85.00	1.02	0.99 N	0.61 E	0.51	
226.00	1.00	N 37.00 E	225.98	85.00	1.50	1.93 N	0.61 E	0.44	
321.00	0.75	N 54.00 E	320.97	95.00	2.88	2.96 N	1.61 E	0.11	
367.00	0.50	N 57.00 E	366.97	46.00	3.38	3.24 N	2.03 E	0.16	
386.00	0.75	N 74.00 E	385.97	19.00	3.58	3.32 N	2.22 E	0.49	
INCIO DE PERFORACION DE 12 1/4"/METE SARTA 1									
389.00	1.07	N 73.59 E	388.97	3.00	3.63	3.34 N	2.26 E	3.20	
405.00	2.75	N 73.00 E	404.96	16.00	4.15	3.49 N	2.77 E	3.15	
424.00	4.50	N 77.00 E	423.92	19.00	5.30	3.79 N	3.93 E	2.79	
SACA SARTA 1/METE SARTA 2									
443.00	7.00	N 85.00 E	442.82	19.00	7.07	4.06 N	5.81 E	4.14	
452.00	7.75	S 89.00 E	451.75	9.00	8.08	4.10 N	6.97 E	3.58	
471.00	9.75	N 83.00 E	470.53	19.00	10.66	4.27 N	9.85 E	3.69	
481.00	10.25	N 79.00 E	480.38	10.00	12.28	4.54 N	11.56 E	2.57	
491.00	9.50	N 71.00 E	490.23	10.00	13.93	4.98 N	13.21 E	4.69	
SACA SARTA 2/METE SARTA 3									
508.00	10.00	N 75.00 E	506.98	17.00	16.74	5.82 N	15.97 E	1.49	
537.00	10.50	N 79.00 E	535.52	29.00	21.67	6.98 N	20.99 E	0.90	
556.00	10.25	N 80.00 E	554.21	19.00	24.89	7.60 N	24.36 E	0.49	

Survey Report

Wellpath ID: SURVEY

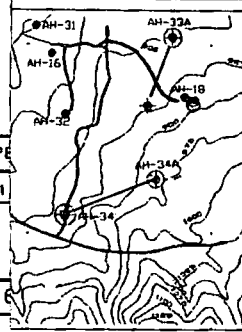
Measured Depth (m)	Incl (deg.)	Drift Dir. (deg.)	TVD (m)	Course Length (m)	Vertical Section (m)	TOTAL		DLS (dg/30m)
						Rectangular (m)	Offsets (m)	
SACA SARTA 3/METE SARTA 4								
584.00	10.25	N 81.00 E	581.76	28.00	29.56	8.42 N	29.27 E	0.19
593.00	11.25	N 77.00 E	590.61	9.00	31.15	8.75 N	30.92 E	4.16
594.00	11.27	N 76.58 E	591.59	1.00	31.33	8.79 N	31.11 E	2.53
613.00	11.75	N 69.00 E	610.21	19.00	35.02	9.91 N	34.72 E	2.50
622.00	11.50	N 63.00 E	619.02	9.00	36.83	10.65 N	36.37 E	4.11
SACA SARTA 4/METE SARTA 5								
656.00	13.00	N 49.00 E	652.25	34.00	43.97	14.70 N	42.28 E	2.93
SACA SARTA 5/METE SARTA 6								
693.00	15.50	N 45.00 E	688.11	37.00	52.83	20.93 N	48.92 E	2.18
730.00	17.00	N 47.00 E	723.63	37.00	62.87	28.11 N	56.37 E	1.30
759.00	19.50	N 45.00 E	751.17	29.00	71.68	34.43 N	62.89 E	2.67
786.00	21.00	N 45.00 E	776.50	27.00	80.71	41.03 N	69.50 E	1.67
SACA SARTA 6/METE SARTA 7								
862.00	26.50	N 45.00 E	846.04	76.00	110.26	62.67 N	91.14 E	2.17
919.00	31.00	N 42.00 E	896.00	57.00	136.52	82.58 N	109.96 E	2.49
SACA SARTA 7/CORRIDA DE CASING A 945 MTS								
938.00	32.00	N 43.00 E	912.20	19.00	145.99	89.90 N	116.67 E	1.78
INICIO DE PERFORACION DE 8 1/2"/METE SARTA 9								
967.00	31.00	N 44.00 E	936.93	29.00	160.52	100.89 N	127.10 E	1.17
SACA SARTA 9/METE SARTA 10								
979.00	30.42	N 48.11 E	947.25	12.00	166.46	105.14 N	131.51 E	5.44
990.00	30.00	N 52.00 E	956.76	11.00	171.91	108.70 N	135.75 E	5.46
1000.00	29.50	N 54.00 E	965.44	10.00	176.83	111.68 N	139.71 E	3.33
SACA SARTA 10/METE SARTA 11								
1017.00	29.42	N 58.50 E	980.24	17.00	185.17	116.33 N	146.66 E	3.91
1034.00	29.50	N 63.00 E	995.05	17.00	193.53	120.41 N	153.95 E	3.91
1063.00	29.50	N 60.00 E	1020.29	29.00	207.80	127.22 N	166.49 E	1.53
1092.00	27.50	N 60.00 E	1045.77	29.00	221.63	134.14 N	178.48 E	2.07
1111.00	27.50	N 59.00 E	1062.62	19.00	230.41	138.59 N	186.04 E	0.73
SACA SARTA 11/METE SARTA 12								
1122.00	28.74	N 61.08 E	1072.33	11.00	235.59	141.18 N	190.53 E	4.31
1133.00	30.00	N 63.00 E	1081.91	11.00	240.98	143.71 N	195.29 E	4.29
1142.00	30.75	N 62.00 E	1089.68	9.00	245.53	145.81 N	199.33 E	3.02
1152.00	32.00	N 61.00 E	1098.22	10.00	250.73	148.29 N	203.90 E	4.06

Survey Report

Wellpath ID: SURVEY

Measured Depth (m)	Incl (deg.)	Drift Dir. (deg.)	TVD (m)	Course Length (m)	Vertical Section (m)	TOTAL Rectangular Offsets (m)		DLS (dg/30m)
SACA SARTA 12/METE SARTA 13								
1161.00	33.00	N 61.00 E	1105.81	9.00	255.57	150.64 N	208.13 E	3.33
1171.00	35.00	N 62.00 E	1114.10	10.00	261.16	153.30 N	213.05 E	6.23
SACA SARTA 13/METE SARTA 14								
1201.00	34.00	N 68.00 E	1138.83	30.00	278.07	160.49 N	228.43 E	3.54
SACA SARTA 14/METE SARTA 15								
1229.00	33.00	N 68.00 E	1162.17	28.00	293.37	166.28 N	242.76 E	1.07
1259.00	33.00	N 73.00 E	1187.34	30.00	309.42	171.73 N	258.15 E	2.72
1288.00	33.50	N 69.00 E	1211.59	29.00	325.02	176.90 N	273.17 E	2.33
1316.00	33.50	N 69.00 E	1234.94	28.00	340.29	182.44 N	287.60 E	0.00
1334.00	34.00	N 70.00 E	1249.91	18.00	350.15	185.94 N	296.97 E	1.25
SACA SARTA 15/METE SARTA 16 CORTE DE TESTIGO								
1366.00	33.50	N 71.00 E	1276.52	32.00	367.63	191.88 N	313.72 E	0.70
SACA SARTA 16/METE SARTA 17								
1393.00	35.50	N 71.00 E	1298.77	27.00	382.64	196.86 N	328.18 E	2.22
1422.00	37.00	N 69.00 E	1322.15	29.00	399.53	202.73 N	344.29 E	1.98
1451.00	38.00	N 65.00 E	1345.17	29.00	417.04	209.63 N	360.53 E	2.72
1498.00	40.00	N 69.00 E	1381.70	47.00	446.38	221.16 N	387.75 E	2.05
1558.00	44.00	N 69.00 E	1426.27	60.00	486.03	235.54 N	425.23 E	2.00
1613.00	47.00	N 69.00 E	1464.82	55.00	524.77	249.60 N	461.85 E	1.64
PROFUNDIDAD FINAL/SACA SARTA 17								
1628.00	47.82	N 69.00 E	1474.97	15.00	535.68	253.56 N	472.16 E	1.64

TERMINACION TECNICA DEL POZO



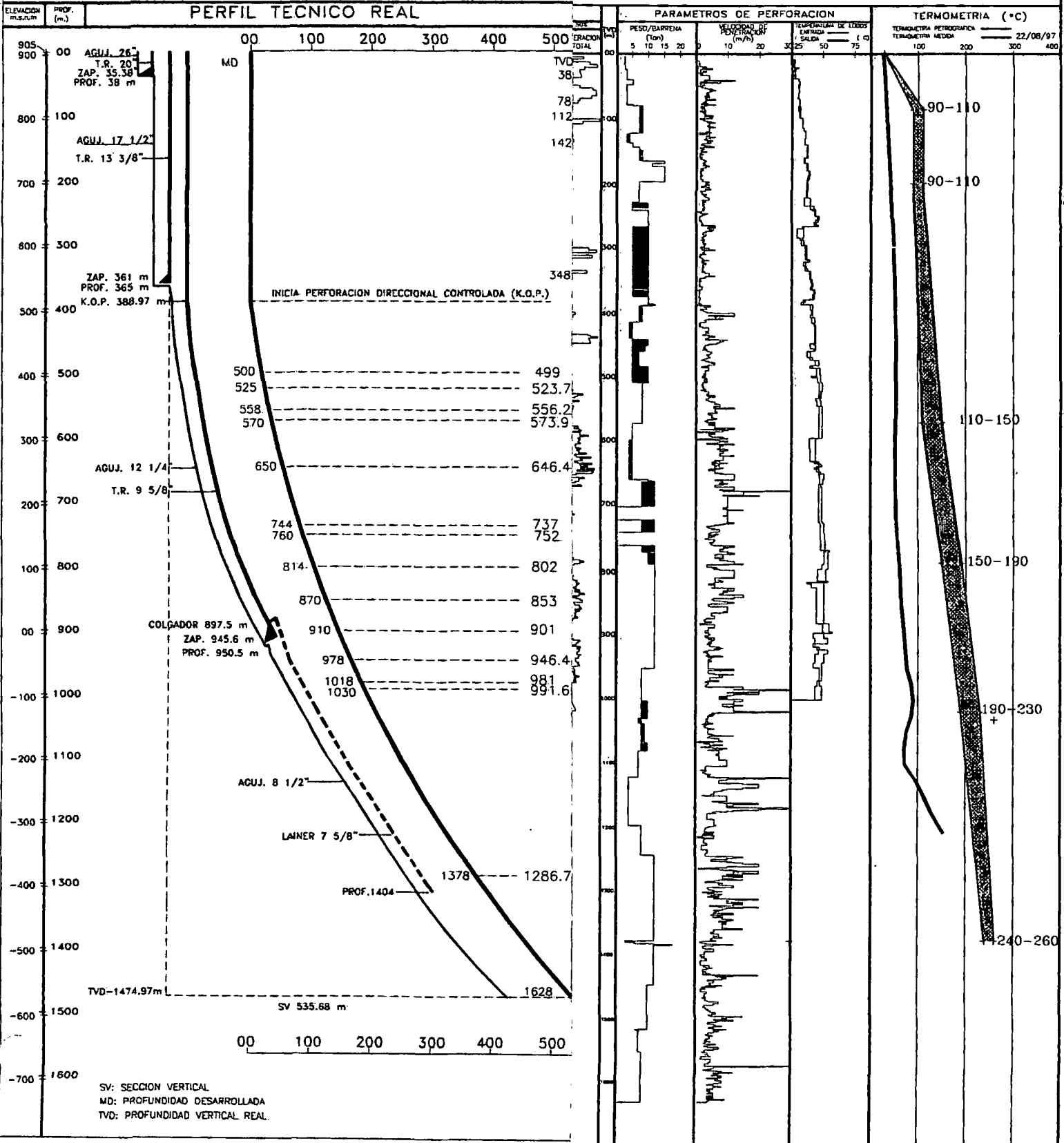
GRUPO FORASAL-FORAKY
CONTRATO CEL-2793 FASE 1

PERFIL TECNICO POZO AH-34A DIRECCIONAL ETAPA FINAL

MEDIDAS	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.
DIAMETRO (pulg.)	26"	20"	17 1/2"	13 3/8"	12 1/4"	9 5/8"	8 1/2"
SPECIFICACIONES DE TUBERIA		94 lb/pla K-55 Rosca Bullres con cambio de sentido		54.5 lb/pla K-55, R3 Rosca Bullres con cambio de sentido		47 lb/pla L-80, R3 Rosca Bullres con cambio de sentido	
PROFUNDIDAD (m.)	38	35.38	365	361	950.5	945.6	1628

ELABORADO: Ing. Guillermo Lopez	SUPERVISADO: Ing. Luz Borrillo	APROBADO: Ing. Ruben Loy	PROCESADO: Oscar R. Cruz	FECHA: 6/OCT/97
REVISADO: 1o. PEV.	FECHA: 30/SEPT./97	REVISADO: L.B., T.A.O., J.P.	FIRMA:	

COORDENADAS INICIALES: LAT. 309.100.13N LONG: 412.150.40E
 COORDENADAS FINALES: LAT. 309.296.5N LONG: 412.695.3E



PARAMETROS DE PERFORACION

PESO/BARRERA (Ton)	VELOCIDAD DE PERFORACION (m/h)	TEMPERATURA DE LIQUIDO (°C)
5 10 15 20	10 20 30 40 50 75	100 200 300 400

TERMOMETRIA (°C)

TERMOMETRIA PETROGRAFICA: 22/08/97
 TERMOMETRIA METEOROLOGICA: 100 200 300 400

SV: SECCION VERTICAL
 MD: PROFUNDIDAD DESARROLLADA
 TVD: PROFUNDIDAD VERTICAL REAL

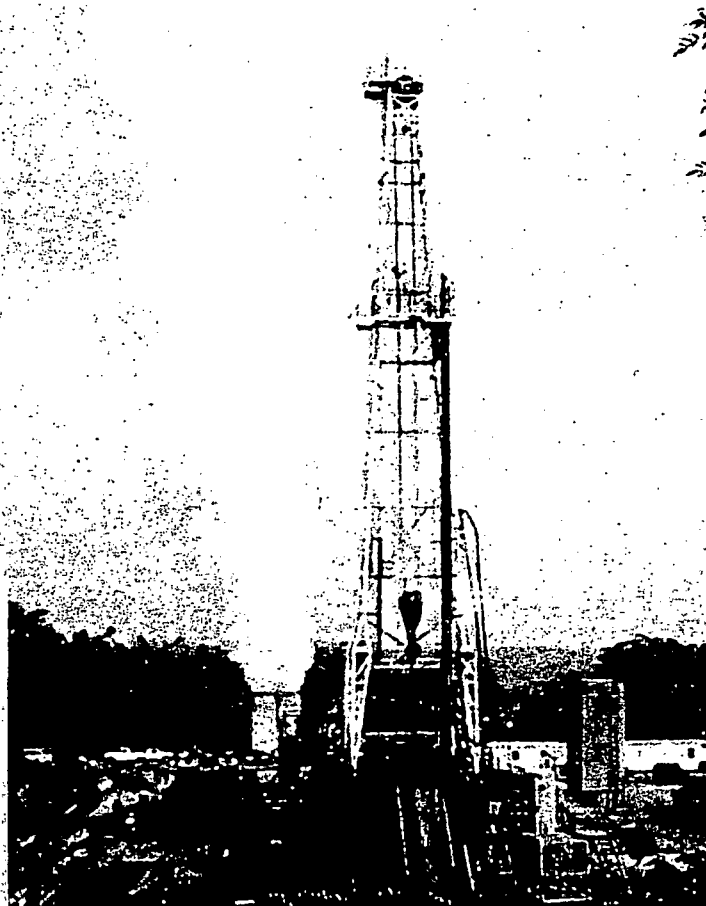


GERENCIA DE RECURSOS GEOTERMICOS
SUPERINTENDENCIA DE PERFORACION Y MANTENIMIENTO DE POZOS
PROYECTO ESTABILIZACION CAMPO GEOTERMICO DE AHUACHAPAN

INFORME FINAL DEL POZO

AH-34

PERFORACION AHUACHAPAN



AGOSTO DE 1997

INDICE

1. INTRODUCCION	
1.1. Antecedentes	1
2. IDENTIFICACION DEL POZO	1
2.1. Objetivo de la perforación	1
2.2. Ubicación geográfica	1
2.3. Datos generales	2
2.4. Equipos utilizados	2
2.4.1. Equipo de perforación	2
2.4.2. Equipo de aire	4
2.4.3. Equipo de cementación	4
3. DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES DE PERFORACION	4
3.1. Traslado y montaje del equipo de perforación	4
3.2. Primera etapa. Perforación con barrena de 26"	5
3.2.1. Corrida de tubería de revestimiento de 20"	6
3.2.2. Fluidos de perforación, etapa I	7
3.2.3. Cementación de tubería de revestimiento de 20"	7
3.3. Segunda etapa. Perforación con barrena de 17 1/2"	8
3.3.1. Corrida de tubería de revestimiento de 13 3/8"	9
3.3.2. Fluidos de perforación, etapa II	9
3.3.3. Cementación de tubería de revestimiento de 13 3/8"	11

3.4. Tercera etapa. Perforación con barrena de 12 ¼"	12
3.4.1. Corrida de tubería de revestimiento de 9 5/8"	16
3.4.2. Fluidos de perforación, etapa III	16
3.4.3. Cementación de tubería de revestimiento de 9 5/8"	18
3.5. Cuarta etapa. Perforación con barrena de 8½"	20
3.5.1. Corrida de Liner de 7"	23
3.6. Estimulación del pozo	24
4. SARTAS DE PERFORACION UTILIZADAS POR ETAPAS	26
4.1. Primera etapa	26
4.2. Segunda etapa	27
4.3. Tercera etapa	27
4.4. Cuarta etapa	27
5. COSTOS DEL POZO	
6. CONCLUSIONES	
7. ANEXOS I	
Anexo 1. Cuadros resumen de los parámetros de perforación	
Anexo 2. Cuadro de barrenas utilizadas en perforación	
Anexo 3. Registros de verticalidad	
Anexo 4. Cuadro de propiedades físico-químicos del fluido de perforación	
Anexo 5. Cuadro de tapones de cemento	

Anexo 6. Cuadro de Inducción del pozo

Anexo 7 Perfil técnico del pozo

Anexo 8. Curva de avance de perforación

Anexo 9. Arreglo de cabezal del pozo

8. REGISTROS ELECTRICOS DE CALIPER Y GAMMA RAY

9. INFORME GEOLOGICO FINAL

1. INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

La perforación del pozo AH-34 vertical estaba enmarcada dentro de la fase I del proyecto "Estabilización del Campo Geotérmico de Ahuachapán", financiado por fondos otorgados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) a la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL).

Los servicios de perforación, suministro de materiales, accesorios y obras civiles asociadas, fueron sometidos a licitación (CEL-1483) y adjudicados a la empresa FORASAL-FORAKY S.A. de C.V. a través del contrato No. CEL-2793.

El pozo AH-34 vertical fue el primero de los cuatro pozos contemplados para la plataforma AH-34, dos de ellos para la primera fase y los restantes para la segunda.

El pozo se programó para perforarse en cuatro etapas, la primera de ellas con barrena de 26" y una profundidad de 30 a 40 m, la segunda etapa con barrena de 17½" y profundidad de 130 a 150 m, la tercera con barrena de 12¼" y una profundidad entre 675 y 700 m, finalmente la cuarta etapa con barrena de 8½" y una profundidad de 1200 a 1300 m. Las primeras tres etapas fueron perforadas con lodo y la cuarta con agua aireada como fluido de perforación para proteger la zona del reservorio.

2. IDENTIFICACIÓN DEL POZO

2.1 Objetivo de la perforación

El pozo vertical AH-34, fue perforado en la parte suroeste del campo, con el propósito de incrementar la disponibilidad de vapor con la que actualmente cuenta la Central Geotérmica y evaluar el sector sur-suroeste de la actual zona de producción.

2.2 Ubicación Geográfica

Campo Geotérmico:	Ahuachapán
Departamento:	Ahuachapán
Latitud:	412,150.4 -
Longitud:	309,100.13 -
Elevación:	905 m.s.n.m

2.3 Datos Generales

Nombre del pozo:	AH-34 vertical
Profundidad vertical prevista:	1300 m
Número de licitación:	CEL-1483
Número de contrato:	CEL-2793
Contratista:	FORASAL-FORAKY
Supervisión:	Depto. Perforación Ahuachapán Gerencia de Recursos Geotérmicos
Inicio de la perforación:	3 de mayo de 1997
Final de la perforación:	2 de julio de 1997
Duración:	61 días

2.4 Equipos Utilizados

2.4.1 Equipo de Perforación

Se utilizo el equipo Massarenti 6000 propiedad de la compañía FORASAL S.A de C.V.

Torre de perforación:

Marca:	Branham Industries.
Altura:	136 pies (41.46 m), triple.
Capacidad estática:	550,000 lb con 10 líneas.

Estructura:

Tipo Box	
Altura total:	5.0 m
Capacidad rotaria:	550,000 lbs
Capacidad de estibado:	600,000 lbs

Equipo de Izaje:

Malacate marca:	Massarenti
Modelo:	Mass 6000
Serie:	JM681, año 1981
Potencia de entrada:	1350 HP

Sistema de potencia:

a) Malacate y rotaria:

Motores: 3 motores diesel 450 HP c/u a 1800 r.p.m., con convertidores de torque.
Marca: General Motor
Modelo: 12V 71

b) Resto del equipo:

Cinco generadores
Marca: General Electric 752, alimentados con cinco motores Caterpillar, modelo D 398 B.

Rotaria:

Diámetro de abertura: 27 ½”
Capacidad estática: 570 toneladas
Capacidad dinámica: 355 toneladas

Bombas de lodos:

Bomba Principal:

Marca: National
Modelo: 10 P 130, Triplex
Potencia de entrada: motor eléctrico de 1300 HP
Potencia de salida: 1,170 HP
Camisa: - 6 ¾”
Presión máxima: 3,085 psi
Caudal máximo: 644 gpm

Bomba secundaria:

Marca: National
Modelo: 10 P 130, Triplex
Potencia de entrada: motor eléctrico de 1300 HP
Potencia de salida: 1,170 HP
Camisa: 6 ¾”
Presión máxima: 3,085 psi
Caudal máximo: 644 gpm

2.4.2 Equipo de Aire (AIR DRILLING SERVICES).

- Dos compresores primarios de tornillo de 850 pie³/min a 200 psi c/u, marca Quincy, modelo WB12, año 94.
- Un elevador de presión (“Booster”) de 2000 pie³/min a 2000 psi, marca Joy, modelo WB12, año 94.
- Una bomba de inyección de espuma de 60 GPM, triplex con dos tanques.
- Un separador aire-fluido, tipo vertical con descarga horizontal.
- Medidores de caudal, presión y temperatura para el control de operaciones.
- Computadora e impresor portátil con software para la programación y control de operaciones.

2.4.3 Equipo de Cementación (HALLIBURTON).

- Una unidad de cementación y accesorios autotransportable, marca Halliburton, modelo CPTSW4/1991, con juego de medidores integrados.
- Un equipo de cómputo para control, marca Halliburton tipo Compupac W383.
- Silos Halliburton para una capacidad total mínima de 4500 pie³.
- Sistema de mezclado tipo RCM, marca Halliburton, alta y baja presión.
- Dos medidores para control continuo de densidad, integrados a la unidad.
- Transportador de materiales neumático, marca Halliburton, tipo 66 PNTA1.
- Juegos de tubería de acople.

3. DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES DE PERFORACION.

3.1 Traslado y montaje del equipo de perforación.

Contractualmente para la construcción de las obras civiles, movilización y montaje, suministro de materiales y comienzo de la perforación, se tenía estipulado para un máximo de 90 días después de haber dado la orden de inicio, la cual se dio el día 25 de noviembre de 1996. La movilización y montaje del equipo Massarenti 6000, se realizó en el período del 31 de marzo al 2 de mayo de 1997.

La supervisión de CEL luego de haber realizado la revisión y la prueba de arranque del equipo de perforación y al no encontrarse ningún problema, se dio la orden de inicio de la perforación a las 0:00 horas del día sábado 3 de mayo de 1997.

3.2 Primera etapa. Perforación con barrena de 26". **Profundidad perforada: 0 – 37 m**

Esta etapa fue construida del 3 al 5 de mayo de 1997.

Inicialmente la etapa estaba programada para ser perforada con barrena de 17½" a una profundidad de 150 m, pero a raíz de una fuga en el empalme o unión de la tubería de concreto que sirve para el desagüe del contrapozo ocurrida durante una circulación de lodos, se decidió perforar con barrena de 26" y utilizar tubería de 20" para proteger el tramo superficial.

Para eliminar la fuga se perforó 2 m y luego se preparó en forma manual un volumen de lechada de 1.5 metros cúbicos, con cemento Portland y una densidad de 1.8 kg/l.

La perforación de esta etapa se inició perforando el tapón de cemento que se colocó durante el periodo de prueba de los equipos, la cima del tapón fue localizada a 0.2 m. A partir de los 0.2 m hasta los 1.5 m se perforó cemento en circulación normal de lodo.

Se paró de perforar por un lapso de 30 minutos, debido a desperfectos mecánicos en el motor del generador número 3, solventado el problema del generador se continuó perforando. A partir de la profundidad de 2 m se comenzó a perforar en formación, con circulación normal hasta los 6 m.

En este punto se observó que la Kelly presentaba cierta inclinación, por lo que se decidió conectar un estabilizador de 26" de diámetro y 1.76 m de longitud. Realizada la conexión se estableció agujero desde los 2.3 a 6.0 m. Se continuó perforando en circulación normal y a la profundidad de 11 m se conectó el primer drill collar de 11¼" de diámetro y 9.2 m de longitud.

De la profundidad de 11.4 a 11.5 m ocurrió pérdida parcial de 36 m³/h durante 15 minutos. Después de la pérdida se continuó perforando en circulación normal hasta la profundidad de 15.5 m, punto en el cual se agregó a la sarta el segundo estabilizador de 26" de diámetro por 1.77 m de largo.

Posterior a la conexión del estabilizador se continuó perforando en circulación normal hasta los 22 m. A esta profundidad se recuperó herramienta para adicionar el segundo drill collar de 11¼" y a los 15 m se encontró resistencia, procediéndose a realizar circulación y rotación para poder atravesar la zona de resistencia, luego que se logró recuperar herramienta se procedió a reconocer el agujero desde los 11.5 a 22 m.

Después de reconocer agujero, se procedió a conectar el tercer drill collar de 11¼" de diámetro por 9.23 m de longitud. La perforación continuó en condición normal hasta los 24 m y desde esta profundidad hasta los 25.59 m los parámetros de perforación fueron anormales debido a que una zona de la Kelly presentaba desgaste en sus aristas y esto

ocasionaba que el punto de arrastre entre la sección de la Kelly y el master bushing no fuera efectivo.

Luego de atravesar la zona dañada de la Kelly se continuó perforando en circulación normal y se conectó el cuarto drill collar de 11¼" de diámetro por 9.21 m de largo, terminando de perforar hasta la profundidad de 37 m.

Alcanzada la profundidad de los 37 m, se procedió a circular lodo a 416 gpm durante un período de 30 minutos para limpiar el fondo del agujero, sin detectarse pérdidas. Seguidamente se procedió al reconocimiento del agujero, la operación fue ejecutada sin encontrar topes o resistencias. Como una medida de precaución se circuló de nuevo para limpiar cualquier material que se hubiera desprendido durante el reconocimiento.

A la profundidad de 35.6 m se realizó un registro de desviación (TOTCO) obteniéndose como resultado 0.75° de desviación con respecto a la vertical.

En esta etapa no se colocaron tapones de cemento.

3.2.1 Corrida de la tubería de revestimiento de 20" D.E.

Recuperada la sarta de perforación, se corrió el arreglo de la tubería de revestimiento de 20", con especificaciones de K55, 94 Lbs/pie, rosca Buttress. La zapata quedó ubicada a una profundidad de 33.56 metros

El arreglo de la corrida se muestra en la tabla 3.2.1.

Tabla 3.2.1 Corrida de tubería de revestimiento de 20" D.E.

- Profundidad de zapata 33.56 m
- Profundidad perforada 37.00 m
- (*1) Profundidad a la cuál se encuentra la unión entre los tubos.

TRAMO No.	LONG.DE TRAMO (m)	LONG. ACUMULADA (m)	CENTRALIZADOR	CONEXION ENTRE TUBOS (*1)
Zapata	0.60	0.60		
1	12.00	12.60	C	
Collar flotador	0.50	13.10		
2	13.45	26.55		
3	13.31	39.86	C	

La unión entre los tubos fue a través de camisas roscadas, que además fueron soldadas con pequeños cordones de soldaduras de 3" a 4" de longitud.

3.2.2 Fluidos de perforación. Etapa I

Para el inicio de las operaciones se preparó 100 metros cúbicos de lodo bentonítico, con las siguientes propiedades fisicoquímicas:

Densidad (gr./cm ³):	1.04 - 1.09
Viscosidad Marsh (seg/l):	43 - 50
Viscosidad plástica (cps):	12 - 14
Punto de cedencia (lbs/100 pie ²):	4 - 7
Resistencia gel (lbs/100 pie ²):	2/3 - 4/6
Filtrado API (ml/30 min):	14 - 20
Enjarre (mm):	2 - 2.5
Arena (%V/V):	0.25 - 1.5
Sólidos (%V/V):	4 - 6
Agua (%V/V):	94 - 96
HP :	8 - 11

En esta etapa no se presentaron pérdidas de circulación de lodo. En el transcurso de la corrida de tubería de 20", se acondicionó el fluido de perforación con bicarbonato de sodio (NaHCO₃), con el objeto de precipitar el calcio que se solubiliza luego de perforar cemento.

3.2.3 Cementación de tubería de revestimiento de 20" D.E.

Para la profundidad perforada de 37 m y zapata de 20" anclada a 33.56 m, el volumen geométrico teórico de lechada era de 9.29 metros cúbicos.

La cementación de la tubería se realizó por el método de desplazamiento de tapón. Para evitar la contaminación de la lechada cementante con el lodo que se desplazaría del agujero y remover parte del enjarre de la pared del pozo, previo a la cementación, se bombearon 15 bbls (2.4 m³) de agua como frente espaciador, seguidamente se envió un volumen de lechada de 13.7 metros cúbicos con densidad de 1.80 kg/l y un volumen de desplazamiento de 5.2 bbl de lodo. Al finalizar la operación se obtuvo cemento "franco" de retorno en la superficie, con lo cual se garantizó el éxito de la cementación de la tubería de revestimiento. La operación se realizó de acuerdo a lo planeado, sin ningún inconveniente.

En total durante la actividad se bombeo al pozo un volumen de 13.7 metros cúbicos de lechada, el cual representa el 78 % de exceso con respecto al volumen geométrico calculado. Cuando el método de cementación es por desplazamiento de tapones, el porcentaje de exceso se define con anterioridad y no se varía durante la operación. Por lo tanto es probable que el pozo hubiese necesitado un porcentaje menor al 78% de exceso.

Esta operación fue finalizada a las 13:30 horas del día 5 de mayo de 1997 y el tiempo de fraguado fue de 24 horas.

El consumo total de materiales gastados durante la operación fue de 348 bolsas de cemento portland tipo A (94 lbs/saco) y 101 bolsas de harina sílice (50 lbs/saco).

La concentración de materiales empleados en la formulación de la lechada fue la siguiente:
100 % Cemento API clase H
35 % Harina de sílice

Después de 20 horas de espera de fraguado se inició la desconexión de la cabeza de cementación y el corte del ducto de rebalse. El tubo de 20" fue perforado para vaciar el lodo que contenía y luego fue cortado a 65 centímetros a partir del fondo del contrapozo, para posteriormente ser esmerilado y nivelado para soldar la brida del cabezal.

Instalada la brida del cabezal, se procedió a montar preventor doble y el preventor anular para posteriormente conectar el ducto de rebalse y el tubo de descarga. Dentro de este tiempo de montaje se aprovecho para cambiar la Kelly dañada por otra en mejor estado.

3.3 Segunda etapa. Perforación con barrena de 17½". Profundidad perforada 37 – 197.5 m.

Esta etapa fue perforada del 8 al 12 de mayo de 1997.

Realizado el montaje de los preventores se procedió a descender herramienta para perforar el collar flotador. Cuando se estaba descendiendo herramienta se encontró tope a 10.5 m (10 m arriba del collar flotador), por lo que se procedió a perforar. Con la perforación se detectó que el tope era debido al tapón de desplazamiento, ya que en la criba vibradora se recogieron fragmentos de plástico que correspondían a la membrana superior del tapón de hule. Esto indica que el tapón quedó atrapado en la parte superior y el volumen de lodo de desplazamiento pasó a través de él.

Perforado el tapón, el descenso de la sarta fue sin resistencia y a la profundidad de 21.4 m se encontró la cima de cemento. Se perforó hasta los 27.9 m para efectuar la prueba de presión en la tubería y la de cierre de los preventores.

La prueba fue llevada a cabo a una presión de 200 psi, durante un periodo de 20 minutos, con resultado positivo.

Finalizada la perforación de la zona de cemento a la profundidad de 37 m, se inició la perforación de la formación con una barrena marca Reed, diámetro de 17 ½", tipo 31J, código IADC 315.

De los 37 a los 49 m se perforó formación en circulación normal con un avance promedio de 2.7 m/h, a esta profundidad se conectó drill collar doble de 8" de diámetro por 17.17 m de longitud. De la zona de los 49 a 57 m se tuvo un avance de 8 m/h, al finalizar esta flecha se hizo una circulación de 15 minutos para desalojar recortes.

La perforación continuó en circulación normal de la zona de los 57 a 109.4 metros con un avance promedio de 2.4 m/h y peso sobre la barrena de 5 toneladas. Alcanzada la profundidad de 109.4 m, se procedió a realizar un registro de desviación a los 97.5 m con un resultado de 0.5° de la vertical.

Se continuó perforando en circulación normal hasta los 197.5 m, profundidad final de la segunda etapa.

Alcanzada la profundidad final de la segunda etapa, se circuló con lodo durante un período de 30 minutos para la limpieza de recortes en el fondo del agujero. Se recuperó sarta a la altura de la zapata para iniciar reconocimiento, durante dicha operación no se encontró resistencia o tope. De nuevo se circuló con lodo durante 45 minutos, para terminar de limpiar el fondo del agujero.

A la profundidad de 190 m se tomó un registro de inclinación, con resultado de 1° de desviación con respecto a la vertical. En esta etapa no hubo pérdidas, por lo que no hubo necesidad de colocar tapones.

3.3.1 Corrida de la tubería de revestimiento de 13 3/8".

Esta operación fue realizada el día 11 de mayo de 1997, el arreglo de la tubería de 13 3/8" D.E. con especificaciones K-55, 54.5 Lbs/pie y rosca Buttress, quedó compuesta por 14 tubos, una zapata, un collar flotador y 8 centralizadores. Los tubos fueron unidos a través de camisas roscadas. El arreglo tiene un total de 193.72 m, quedando la zapata a una profundidad de 194.5 m y el collar flotador al 179.85 m. Se utilizó un tubo de maniobra con longitud de 6.33 m para que el extremo superior del tubo superficial de 13 3/8" quedara a 0.15 m con respecto al fondo del contrapozo, para luego montar el casing Head.

El arreglo de la corrida de la tubería se muestra en la tabla 3.3.1

3.3.2 Fluidos de perforación. Etapa I I

Con barrena de 17 1/2", se perforó formación de 37 a 197.5 m en circulación normal de lodo. La temperatura máxima del lodo a la salida del pozo alcanzó un valor de 41°C.

Las propiedades fisicoquímicas promedio del lodo en esta etapa se muestran en el anexo 4.

Tabla 3.3.1 Corrida de la tubería de revestimiento de 13 3/8"

- Profundidad de zapata 194.5 m
- Profundidad perforada 197.50 m
- (*1) Profundidad a la cuál se encuentra la unión entre los tubos.

TRAMO No.	LONG: DE TRAMO (m)	LONG: ACUMULADA (m)	CENTRALIZADOR	CONEXION ENTRE TUBOS (*1) (m)
Zapata	0.5	0.5		194.5
1	13.47	13.97	2C	181.03
Float collar	0.68	14.65		180.35
2	13.94	28.59	2C	166.41
3	13.70	42.29		152.71
4	13.78	56.07		138.93
5	13.86	69.93		125.07
6	13.65	83.58	C	111.42
7	13.88	97.46		97.54
8	14.11	111.57		83.43
9	13.82	125.39	C	69.61
10	13.73	139.12		55.88
11	13.51	152.63		42.37
12	13.90	166.53	C	28.47
13	13.75	180.28		14.72
14	13.44	193.72	C	1.28

Previo a la cementación de la tubería de revestimiento de 13 3/8", se le dio tratamiento al lodo mediante la adición de bicarbonato de sodio y lignito cáustico (CC-16) para ayudar a recuperar las propiedades reológicas y con el objeto de prevenir la contaminación del fluido durante la perforación del cemento.

Las propiedades fisicoquímicas que presentó el lodo previo a la cementación de tubería de revestimiento de 13 3/8" fueron:

Densidad (gr./cm ³):	1.10
Viscosidad Marsh (seg/l):	45
Viscosidad plástica (cps):	16
Punto de cedencia (lbs/100 pie ²):	7
Resistencia gel (lbs/100 pie ²):	2/4
Filtrado API (ml/30 min):	16
Enjarre (mm):	2
Arena (%V/V):	0.15
Sólidos (%V/V):	4
Agua (%V/V):	96
pH:	9

Luego de la perforación del cemento, la viscosidad del lodo disminuyó considerablemente, lo que significa que el lodo se sobresaturó de dispersante y bicarbonato de sodio, por lo que fue necesaria la adición continua de bentonita. Esto se logró mediante la adición de volúmenes viscosos (80-90 s/l) al fluido en circulación, con el objeto de levantar recortes y así corregir paulatinamente la viscosidad del mismo.

3.3.3 Cementación de la Tubería de Revestimiento de 13^{3/8}”.

Efectuada la corrida de la tubería de revestimiento, se bajó stinger con tubería franca a la profundidad de 179.85 metros (collar flotador). Para iniciar la cementación se circuló lodo durante 30 minutos con un caudal de 277 gpm para la limpieza del agujero.

La cementación de la tubería de revestimiento de 13 ^{3/8} ” D.E. se realizó por el método stab-in. Esta técnica tiene la ventaja de permitir la variación del volumen de lechada en un amplio rango, de acuerdo al requerimiento que se presente en el transcurso de la operación y a la disponibilidad de cemento a granel. El volumen geométrico teórico de lechada se calculó en 17.3 metros cúbicos.

Durante la cementación primaria, siempre se observó retorno de fluido a superficie. La operación inicio con el bombeo por stab-in de 31 bbl de agua en solución con el 3% de bicarbonato de sodio como frente espaciador.

Luego se bombeó un volumen de lechada de 28 metros cúbicos con densidad promedio de 1.86 kg/l y al observar retorno de cemento franco a superficie (densidad de 1.65 kg/l), se procedió al desplazamiento de la lechada por interior de la tubería de 5” con 10.6 bbl de agua.

El volumen de lechada utilizado en la operación representa el 90% de exceso con respecto al volumen geométrico calculado para el agujero descubierto.

El consumo total de materiales utilizados durante la actividad fue de 656 sacos de cemento tipo H (94 lbs/saco), 432 sacos de harina (50 lbs/saco), 6 sacos de reductor de fricción CFR-2 (50 lbs/saco) y 5 sacos de bicarbonato de sodio (100 lbs/saco).

La concentración de materiales en la formulación de la lechada fue la siguiente:

Cemento clase H:	100 %
Harina sílica:	35 %
Reductor de fricción:	0.5%

Luego de 18 horas de fraguado se detectó cima de cemento en el anular a la profundidad de 10.63 m por lo que se efectuó una cementación complementaria con 0.94 metros cúbicos de lechada (100 % cemento clase A + 2 % Cloruro de calcio) de 1.75 kg/l de densidad. Esta lechada se preparó manualmente en un recipiente de 2 metros cúbicos.

Esta operación fue finalizada a las 3:30 horas, del día 12 de mayo de 1997 y el tiempo de fraguado fue de 24 horas.

Después del tiempo de fraguado se desmontó el tubo de maniobra, quedando el tubo de 13³/₈" a una altura de 24 centímetros, a partir del fondo del contrapozo. Esta altura no incluye la rosca. Posteriormente se procedió a cortar el tubo de rebalse para desarmar el arreglo del preventor anular y del preventor doble. Una vez desmontados los preventores se cortó el tubo de 20".

3.4 Tercera etapa. Perforación con barrena de 12¹/₄ Profundidad perforada 194.5 – 820 m

Finalizado el enrosque y soldadura de brida de válvula maestra a casing de 13³/₈", se realizó la instalación de B.O.P. y se procedió a perforar ocho metros de cemento para efectuar prueba de presión a tubería de revestimiento y preventores, 6.5 m arriba de la zapata. Esta prueba se llevo a cabo por un período de 30 minutos y a una presión de 800 psi obteniendo resultado positivo. Dicha prueba fue realizada con la unidad de cementación HALLIBURTON.

Luego de perforar zapata de 13³/₈" y cemento a 197.5 m se perforó formación en circulación normal de lodo, utilizando una barrena Reed, diámetro 12¹/₄", tipo 31GJ, código IADC 313, el peso aplicado sobre la barrena fue de 90 ton, 90-110 rpm, con avances de 1.4 a 2.0 m/h y un caudal de 410 gpm. Posteriormente a una profundidad de 210.5 m se agregaron dos estabilizadores a la sarta, el primero como porta-barrena con doble caja y el segundo entre la primera y segunda barra de peso.

Se perforó formación en circulación normal de 210.5 a 282 m, con avances de 1.5 a 4.3 m/h. Luego se continuó perforando de 282 a 286 m en pérdidas totales de circulación utilizando agua como fluido de perforación, con un avance de 4.0 m/h. Posteriormente se recuperó herramienta para colocar tapón de cemento, se realizó medición de nivel hidrostático con un resultado de 244 m.

Para la colocación del tapón de cemento se utilizó un volumen de 10 bbl de agua como frente espaciador, seguidos de 15.7 bbl de lechada, densidad 1.8 gr./cc, con 100% cemento "A", esta fue desplazada con 10 bbl de agua. Se esperó fraguado de 8 horas.

Finalizada la espera de fraguado se midió nivel hidrostático encontrándose a 222 m, además se lleno el pozo con agua, observándose que el nivel se mantenía. Debido a que la barrena anterior mostraba daños en los baleros, se cambió esta por otra similar Reed 31 GJ, código IADC 313. Se continuó con la perforación de cemento de 255 hasta 274.5 m, encontrándose pérdidas totales de circulación a la última profundidad mencionada, por lo que se continuó perforando hasta 286 m. La consistencia del cemento obtenido en el retorno fue pastosa,

además se perforó con un avance de 23 m/h, por lo que se dedujo que el tiempo de fraguado no fue suficiente.

Se recuperó herramienta y se midió nivel hidrostático encontrándose a 219 m, posteriormente se colocó el segundo tapón de cemento, densidad 1.8 gr./cc, iniciando con un frente espaciador de agua de 10 bbl, seguidos de una lechada de 5.0 metros cúbicos con 100% cemento A y 1.5% Cloruro de calcio. La lechada fue desplazada con un volumen de 12 bbl de agua. Al finalizar la inyección del tapón se midió nivel hidrostático con resultado 156.6 m. Se esperó fraguado por 8 horas. Mientras se esperaba fraguado se midió el nivel hidrostático, el primer valor obtenido fue de 14 m y horas después de 24 m.

Finalizado el fraguado de cemento se descendió herramienta, encontrando cima de cemento a 250.5 m, perforando el mismo hasta 286 m en circulación normal y con un avance promedio de 6 m/h. Luego se continuó perforando formación, en circulación normal hasta los 288 m, profundidad a la cual se iniciaron pérdidas parciales de 2 m³/h, las que luego se incrementaron a 5 m³/h. Aproximadamente a los 303 m se observó falta de peso en la herramienta, por lo que se circuló para desalojar recortes y posteriormente se recuperó herramienta observándose rotura en caja de una de las barras de peso de 8". La sarta fue pescada con over shot al primer intento. Al finalizar la pesca se midió nivel hidrostático con resultado 302 m

Se colocó el tercer tapón de cemento, iniciando con la inyección de un frente de 10 bbl de agua, seguidos de 5.4 metros cúbicos de lechada, densidad 1.8 g/cc, 100% cemento A y 1.5% cloruro de calcio, esta fue desplazada con 12 bbl de agua. Al finalizar la operación el nivel hidrostático se encontró a 129.5 m. Se inyectó un volumen de 2 metros cúbicos de agua, dando como resultado un nivel de 98 m. dos horas después de dar inicio al tiempo de fraguado se midió el nivel con resultado 100 m.

Al finalizar las 8 horas de fraguado correspondientes se descendió herramienta, encontrando la cima de cemento a 233 m, perforando cemento hasta 303 m con un avance promedio de 9 m/h. Luego se perforó formación de 303 a 324 m en circulación normal con un peso-sobre la barrena de 5-9 toneladas y avance de 3.3 a 4.8 m/h. Luego se perforó de 324 a 331.5 m con pérdidas parciales de circulación de 9 m³/h, las que luego se bajaron a 4 m³/h y continuaron oscilando entre 6 y 17 m³/h. Se midió nivel hidrostático con resultado de 214 m.

Previo a la inyección del cuarto tapón, se envió un frente de agua de 10 bbl, un volumen de 2.53 metros cúbicos de lechada 100% cemento A y 1.0% cloruro de calcio, densidad 1.78 gr./cc, esta fue desplazada con un volumen de 15 bbl de agua.

Al finalizar las operaciones de cementación se inyectó un volumen de 14 metros cúbicos de agua, sin observarse retorno de la misma. Se midió el nivel hidrostático con resultado 209 m. Se esperó un fraguado de 8 horas.

Al finalizar el fraguado del tapón de cemento se midió nivel hidrostático con resultado 247.67 m, el pozo se lleno con agua y el nivel descendió rápidamente al suspender el bombeo. La cima del tapón de cemento se encontró a 292 m. Se colocó el tapón número 5 con una densidad de 1.85 gr./cc, un volumen de 3 m³, 100% cemento y 1.5% cloruro de calcio, con un frente espaciador de 10 bbl de agua y un volumen de desplazamiento de 5 bbl de agua. Al finalizar las 8 horas de fraguado se midió nivel hidrostático con resultado 28 m, se procedió a llenar el pozo, observando que el nivel del agua era estable.

La cima de cemento se encontró a 224.34 m, procediendo a perforar el mismo en circulación normal, excepto en el tramo de 300 a 303 m donde hubo una pérdida de 6 m³/h, la razón de penetración fue de 1.8 a 5 m/h.

Se continuó perforando formación en circulación normal de 331.5 hasta 388.4 m, con peso sobre la barrena de 12 a 15 toneladas y avance de 2 a 4 m/h. A 365 m se realizó una medición de verticalidad dando como resultado 1.5° de desviación.

Aproximadamente a los 388.4 m se observó falta de avance en la herramienta, por lo que se decidió revisar la barrena, previo a la recuperación de la herramienta se circuló para limpiar el agujero, observándose una pérdida de 100 m³/h, inicialmente se pensó en una pérdida total, sin embargo debido a la falta de avance no era posible profundizar más. Durante el ascenso se observó rotura en uno de las barras de peso, por lo que se realizó pesca con la utilización de over shot. Luego de recuperar por completo la herramienta, se llenó el pozo con agua y se observó que el nivel se mantenía estable, por lo que se decidió continuar la perforación. La barrena fue cambiada debido a daño en los baleros y dientes.

Se perforó formación de 388.4 a 410.7 m en condiciones normales de circulación, con un peso de 10 a 12 toneladas y con avances de 2.2 a 5 m/h. De 410 a 453.5m se perforó en pérdidas parciales de circulación de 3 a 8 m³/h. Luego se recuperó por completo la circulación. A los 471 m se realizó una medición de verticalidad (TOTCO), con resultado 1° de desviación. Finalizada la medición se continuó perforando en circulación normal hasta 568 m con un peso sobre barrena de 13 a 18 toneladas y con avances de 1.8 a 6.5 m/h.

A partir de los 568 hasta 570.5 m se perforó en pérdidas parciales de circulación de 4 a 22 m³/h, se recuperó herramienta hasta nivel de zapata y se prepararon 58 m³ de lodo para continuar perforando hasta 573.8 m, luego se cambió el fluido de perforación a agua, profundizando en la pérdida hasta 577.5 m. Se midió nivel hidrostático con resultado 219 m, se colocó el séptimo tapón de cemento de 7 metros cúbicos de lechada, con densidad de 1.8 kg./l, frente espaciador de 10 bbl de agua y un volumen de desplazamiento de 15 bbl.

Finalizadas las 8 horas de fraguado, se descendió tubería franca para determinar la cima de cemento, encontrándose a 517.88 m. Se midió nivel hidrostático con resultado 47 m, se procedió a perforar cemento con un peso de 3 toneladas y avances de 6 a 11 m/h.

Después de perforar el tapón de cemento se comenzó a perforar formación con pérdida parcial de 2 m³/h hasta la profundidad de 587.5 m. A partir de esta profundidad la

circulación fue normal y se continuó perforando hasta los 597 m, punto en el cual se realizó registro de verticalidad con resultado de 1.8° de desviación.

De la profundidad de 597 a 740 m la perforación transcurrió en circulación normal con un avance promedio de 6.2 m/h y un peso sobre la barrena de 13 toneladas. A la profundidad de 740 m se procedió a recuperar la herramienta hasta los 540 m para posteriormente realizar reconocimiento del agujero.

Después del reconocimiento del agujero se perforaron 15 m, en este punto se observó pérdida de presión y disminución de peso, procediéndose a recuperar la sarta, la cual presentó fractura en barra de peso número 8, la longitud del pescado fue de 73 metros y recuperado al primer intento con la herramienta del over shot. Efectuada la operación de pesca se descendió barrena sin ninguna resistencia.

Se continuó perforando hasta los 764 m, a esta profundidad se circuló durante una hora para posteriormente recuperar tubería a la superficie y poder realizar el registro Estático de Temperatura. En esta misma operación se aprovechó para realizar registro de desviación con resultado de 1.5°.

Posterior al registro de desviación, se recuperó herramienta hasta superficie con el objetivo de realizar el registro estático de temperatura. Realizado el registro y su respectiva evaluación se tomó la decisión de continuar perforando. En este tramo se perforó en circulación normal con un avance promedio de 3.8 m/h y peso sobre barrena de 8 toneladas. Al llegar a los 820 m se decidió realizar otro registro estático de temperatura, procediéndose a circular durante una hora para posteriormente realizar el registro.

Dicha operación no fue posible debido a una obstrucción durante el descenso del equipo, por tal motivo se bajó herramienta para reconocimiento del pozo hasta la profundidad perforada, durante el descenso no se encontró ninguna resistencia. Luego del reconocimiento se circuló y a diez minutos de iniciada la limpieza del fondo ocurrió pérdida total de circulación, perdiéndose de 25 a 30 m³ de lodo.

Se procedió a medir el nivel hidrostático, encontrándose a 10 m. Luego se bajó la barra de peso para reconocimiento del agujero, observándose descenso forzoso de 709 a 820 m, lo cual hizo necesario bajar herramienta para reconocer agujero de 650 a 820 m. Este descenso fue libre sin ninguna resistencia.

A los 820 m se circuló en pérdida parcial de 22 a 33 m³/h, hasta convertirse en pérdida total, se midió nivel hidrostático a 140 m. Se bajó tubería franca a 820 m para inyectar un volumen de lodo de 2 metros cúbicos con viscosidad de 120 s/l, luego de la inyección del lodo se recuperó tubería a 798.5 m para bombear un tapón de cemento de 3 metros cúbicos y una densidad de 1.89 kg./l con el objetivo de proteger la zona de pérdida.

Después del desplazamiento del tapón se midió el nivel hidrostático a 70 m y luego de la espera de fraguado se midió a 79 m, al llenar el espacio con lodo el nivel se mantuvo

estable. La cima del tapón de cemento se encontró a 759 m, iniciando la perforación de cemento hasta la profundidad de 786 m. A esta profundidad se detuvo la perforación para que el personal de Schlumberger realizara el registro de calibración BGT en agujero descubierto de 12 ¼", la temperatura máxima registrada fue de 75 °C al fondo.

Efectuado el registro de calibración se procedió a reconocer agujero y a efectuar circulación en el fondo para la corrida de la tubería de 9 5/8".

En el anexo 5 se muestra el cuadro de perdidas de circulación.

3.4.1 Corrida de la Tubería de Revestimiento de 9 5/8".

Esta operación fue realizada el día 02 de junio de 1997, el arreglo de la tubería de 9 5/8" D.E. con especificaciones K-55, 40 y 36 Lbs/pie y rosca Buttress, quedó compuesta por 4 tubos de 40 Lbs/pie, 53 tubos de 36 Lbs/pie, una zapata, un collar flotador y 21 centralizadores. Los tubos fueron unidos a través de camisas roscadas. El arreglo tiene un total de 788.84 m, quedando la zapata a una profundidad de 782.64 m.

El arreglo de la corrida de la tubería se muestra en la tabla 3.4.1

3.4.2 Fluidos de perforación. Etapa III

La tercera etapa inició el 12 de mayo y finalizó el 4 de junio con la cementación de la tubería de revestimiento de 9 5/8", luego de haber perforado hasta la profundidad de 820 m. La temperatura máxima de circulación del lodo a la salida del pozo alcanzó un valor de 44°C.

En esta etapa, se observaron pérdidas parciales de circulación hasta de 21 m³/h de lodo, para sellarlas fue necesaria la inyección de una serie de tapones de cemento que se detallan en el anexo 6.

Durante la perforación de cemento, se mantuvo un constante acondicionamiento del lodo con bicarbonato de sodio y dispersantes (lignito y lignosulfonato) para precipitar el hidróxido de calcio (CaOH) en forma de carbonato de calcio (CaCO₃) y mantener sus propiedades reológicas.

El pH del lodo se vio incrementado por los iones oxidrilos aportados por el hidróxido de calcio del cemento, por tal razón la adición de soda cáustica fue mínima.

En el anexo 4 se muestran las propiedades fisicoquímicas del fluido de perforación.

Tabla 3.4.1 Corrida de tubería de revestimiento de 9 5/8"

- Profundidad de zapata 782.64 m

- Profundidad perforada 786 m

(*1) Profundidad a la cuál se encuentra la unión entre los tubos.

TRAMO Nº.	LONGITUD TRAMO (m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	CENTRALIZADOR	CONEXIÓN ENTRE TUBOS (*1)
Zapata	0.52			
1	8.86	9.38	C	
2	14.3	23.68	C	
Float Collar	0.63	24.31		
3	12.56	36.87		
4	13.94	50.81	C	
5	13.74	64.55		
6	13.63	78.18		
7	14.01	92.19	C	
8	14.17	106.36		
9	13.65	120.01		
10	14.18	134.19	C	
11	13.81	148		
12	14.04	162.04		
13	13.71	175.75	C	
14	14.14	189.89		
15	13.65	203.54		
16	14.16	217.7	C	
17	14.18	231.88		
18	14.12	246		
19	13.72	259.72	C	
20	13.80	273.52		
21	13.47	286.99		
22	13.55	300.54	C	
23	13.78	314.32		
24	13.60	327.92		
25	13.93	341.85	C	
26	14.15	356		
27	14.15	370.15		
28	13.70	383.85	C	
29	13.63	397.48		
30	13.61	411.09		
31	14.02	425.11	C	
32	13.67	438.78		
33	14.18	452.96		

TRAMO No.	LONGITUD TRAMO (m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	CENTRALIZADOR	CONEXION ENTRE TUBOS (")
34	14.00	466.96	C	
35	14.08	481.04		
36	14.20	495.24		
37	14.2	509.44	C	
38	13.68	523.12		
39	14.13	537.25		
40	14.18	551.43	C	
41	13.74	565.17		
42	14.05	579.22		
43	14.16	593.38	C	
44	13.96	607.34		
45	13.93	621.27		
46	14.71	635.98	C	
47	13.62	649.6		
48	14.08	663.68		
49	14.05	677.73	C	
50	13.93	691.66		
51	13.53	705.19		
52	13.80	718.99	C	
53	14.17	733.16		
54	13.44	746.6		
55	14.15	760.75	C	
56	14.03	774.78		
57	14.06	788.84	C	

NOTA: Los primeros cuatro tubos son de 40 lbs/pie y los restantes 53 tubos son 36 Lbs/pie.

3.4.3 Cementación de la tubería de revestimiento de 9 5/8 ”.

Efectuada la corrida de la tubería de revestimiento, se bajó stinger con tubería de 5” a la profundidad de 758.5 m. Para iniciar la cementación se circuló lodo durante una hora y cuarenta y cinco minutos para la limpieza del agujero.

Se dio inicio a la cementación de la tubería de producción de 9 5/8”, tomando como base un volumen geométrico real de lechada de 42.5 m³, de acuerdo al registro BGT.

Se bombeo un frente espaciador de 30 bbl de agua, luego se procedió a enviar lechada de cemento con densidad de 1.88 kg/l, perdiéndose la circulación cuando se habían bombeado 20.36 m³ (representa la mitad del volumen geométrico real), por lo que en dicho instante se estimó la cima de cemento a la profundidad de 320 m en el espacio anular.

La cantidad total de lechada bombeada en la cementación primaria fue de 34.9 m³, la cual fue desplazada con 44 bbl de agua (volumen máximo permisible de desplazamiento),

manteniéndose el pozo en pérdida total de circulación.

Como resultado de no tener retorno durante la cementación primaria, se procedió a realizar de inmediato una cementación complementaria, inyectándose 60 bbl de agua por el espacio anular para limpieza del tramo entre tuberías de revestimiento (volumen teórico, 42 bbl), seguido de 22.31 m³ de lechada de cemento con densidad de 1.87 kg/l sin observar incremento anormal de la presión de bombeo.

Al igual que en la cementación primaria en esta ocasión tampoco se produjo retorno de cemento a la superficie. Con este volumen de lechada (22.31 m³) se llenaría el espacio desde superficie hasta la profundidad de 440 m. La presión de bombeo se mantuvo en un promedio de 60 psi.

Después de 12 horas de espera de fraguado y a raíz de no tener retorno en la primera cementación complementaria, se procedió a realizar la segunda, a través del espacio anular con un volumen de lechada de 10.6 m³ y densidad de lechada de 1.9 kg/l. De nuevo no fue posible obtener retorno de cemento.

Para la tercera complementaria y luego de 12 horas de fraguado, se bombeó al pozo a través del espacio anular un volumen de lechada de 15.8 m³ con densidad promedio de lechada de 1.86 kg/l, obteniéndose retorno en esta ocasión, con lo cual se finalizó la operación.

El diseño de lechada para la cementación primaria fue el siguiente:

Cemento clase G:	100.0 %
Harina sílica:	35.0 %
Retardador HR-12:	0.35 %
Reductor de filtrado:	0.95 %
Reductor de fricción:	0.40 %
Antiespumante NF-1:	0.015 gal/saco

Con este diseño de lechada, para temperatura de circulación de fondo de 120 °C y densidad de 1.89 kg/l, se obtiene un tiempo bombeable de 3 horas, filtrado de 99 cc, 1 % de agua libre, viscosidad plástica de 117 cp. y punto de cedencia de 11.72 lbs/100pie². Estos parámetros son indicativos de una lechada con muy buenas características para las condiciones del pozo.

Luego de 65 horas de fraguado se inició el registro Cement Bold Loggin (CBL), finalizando este después de 2.5 horas. Los resultados de este registro muestra poca adherencia del cemento en el tramo cercano a la zapata de 9 5/8".

Esta última complementaria fue finalizada el día miércoles 4 de junio de 1997.

Efectuada la cementación de la línea de producción se procedió a desempernar los preventores para proceder a levantarlos y así cortar el tubo de 9 5/8" a una altura de 12" con

respecto a la brida del casing head para posteriormente ubicar el Packing Unit. Para el arreglo de preventores se construyó un carrete de 1.50 m de largo ubicado encima del casing head. Sobre el carrete quedaron ubicados el preventor doble, el preventor anular y por último el rotary head de Air Drilling.

3.5 Cuarta etapa. Perforación con barrena de 8 ½”.

Profundidad perforada 820 – 1601 m.

Esta etapa fue iniciada con la perforación de cemento, la cima fue encontrada a 757.86 m, el float collar estaba ubicado a 759.48 m y después que este se perforó la herramienta descendió sin ninguna resistencia hasta la zapata, ubicada a 782.64 m, esto significaba que en los dos tubos localizados entre la zapata y el float collar no había cemento. A partir de los 782 m de nuevo se perforó en cemento, la perforación se detuvo a los 786 m para luego correr el registro de CBL.

El registro de Schlumberger comprobó que en los dos últimos tubos habían quedado sin cementar. En este problema posiblemente la causa se haya originado al final de la tercera etapa, en donde a la profundidad de 820 m ocurrió pérdida total y que por estar ésta en la cercanía del reservorio se tomó la decisión de colocar un tapón flotante mandándose un volumen viscoso de 2 metros cúbicos. Este volumen de cemento más el cemento de la etapa de 9 5/8” ocasionó que el volumen de lodo viscoso penetrara en la pérdida de cemento hasta 798.5 m.

De los 820 m en adelante se empezó a perforar en formación y a los 826 m se inició la perforación con agua-aereada. De esta profundidad hasta los 844 metros se perforó con agua-aire obteniéndose retorno a la superficie y un avance promedio de 5.2 m/h y peso sobre barrena de 5 toneladas. A la profundidad de 844 metros se tuvo pérdida parcial de 31 m³/h, se continuó perforando con circulación de agua-aire y de nuevo a la profundidad de 891 metros se tuvo pérdida parcial de 15 m³/h.

A la profundidad de 959 metros no se observó retorno de recortes por lo que se decidió realizar una circulación en el fondo del agujero a 120 emb/min, sin obtenerse retorno a la superficie, por lo cual se dedujo que se estaba en pérdida total de circulación. En este punto se realizó una medida de la desviación del agujero, a la profundidad de 947 metros, con resultado de 2° de desviación.

Como resultado de haber encontrado una zona de pérdidas, se decidió tomar un testigo a la profundidad de 1005 metros hasta los 1009 metros. De los cuatro metros perforados se recuperaron 1.2 metros de testigo, presentando toba aglomerática, color gris café-verdosa con fragmentos centimétricos subangulosos a subredondeados, matriz fina a gruesa. Alteración media, dureza media, densidad media a alta. Estabilidad media. Fracturamiento bajo con fisuras selladas por calcita y óxidos. Mineralogía secundaria: óxidos: 2-4%, calcita 5-6%, clorita 3-4% y arcillas 10-15%.

Luego de recuperar el núcleo y descender herramienta se continuó perforando con aire y en pérdida total, con avance de 5.8 m/h y peso sobre la barrena de 7 toneladas. A la profundidad de 1052 metros se realizó un TOTCO con resultados de 1.3° de desviación. Se deja de tener retorno y se encuentra resistencia en el tramo de 1159 a 1168.5 metros por lo que se recupera herramienta a 1020 metros para repasar el agujero hasta los 1168.5 metros.

Se continuó perforando bajo las mismas condiciones y a la profundidad de 1254.8 metros se decidió cambiar la barrena, por lo que se aprovechó para hacer una circulación al fondo, medición de verticalidad de 2.3° de desviación y medición de nivel hidrostático de 335 metros.

Durante el descenso de la nueva barrena se bajó libremente hasta los 1245 metros, a partir de este punto se hizo reconocimiento hasta el fondo. Se continuó perforando con un avance de 4.5 m/hr, peso sobre barrena de 8 toneladas hasta la profundidad de 1401. En este punto se presentan problemas de avance por lo que se decidió recuperar herramienta, la falta de avance se debió a que los baleros esféricos de los conos se habían desprendidos.

Los baleros que se desprendieron de la barrena quedaron atrapados en el fondo del agujero por lo que se bajó canasta chatarrera e imán. Esta maniobra de pesca fue realizada dos veces, en el primer intento se recuperó un tapón de la cámara de grasa y en el segundo se pescó segmentos de materiales oxidados. Como ambas maniobras resultaron estériles, se descendió con una barrena de dientes fresados usada, con el fin de eliminar los baleros del asiento del fondo del agujero y depositarlos en las paredes laterales. De esta manera se perforaron 4 metros, llegando hasta los 1405 metros, profundidad a la cual se circuló durante hora y media.

A la profundidad de 1405 metros se cortó el segundo toma testigo programado, hasta la profundidad de 1409 metros. En este toma testigo se recuperó 2.66 metros (66%) presentando lavas finas compactas, color verde amarillento, altamente epidotizada, fracturada, con fracturas sub-verticales conjugadas, abiertas. En las paredes de las fracturas, abundante epidota. En la matriz se observan cristales aislados de plagioclasas y piroxenos alterados. La mineralogía secundaria presente fue epidota 50%, clorita 20%, minerales arcillosos 5-7%, cuarzo 7-10%, óxidos 1% y pirita 1%. La recuperación de este núcleo fue en segmentos cilíndricos de 10 a 20 centímetros de longitud.

Posterior a la evaluación del núcleo se corrió un registro dinámico de temperatura con caudales de 13 lts/seg, 30 lts/seg y 50 lts/seg. A la profundidad de 1250 metros se efectuó un registro de inyectividad con caudales de 13.5 lts/seg, 20 lts/seg, 35 lts/seg, 50 lts/seg y sin bombeo de agua.

Efectuados los registros dinámicos de temperatura y de inyectividad, se continuó perforando y durante el descenso de la herramienta en el tramo comprendido entre 1407 y 1409.5 metros se dio un atrape de herramienta. Para liberar la herramienta se tuvo que tensionar con 23 toneladas y mandar un volumen de 6 m³ de Carboximetilcelulosa, al

liberarse la herramienta se procedió a repasar el agujero a partir de los 1390 metros hasta los 1409.5 metros.

De la profundidad de 1409.5 a 1425.5 metros no se obtuvo retorno y en el fondo del agujero se generó asentamiento de recortes por lo que se mandó un volumen viscoso de CMC con una viscosidad de 43 segundos. lo cual hizo posible que los recortes fueran levantados y la herramienta lograra descender hasta el fondo.

Por no obtenerse retorno se colocó un Jet Sub para aligerar la columna estática del fluido y de esta manera se logró obtener retornos parciales de fluido.

Se continuó perforando hasta la profundidad de 1597.5 metros, con un avance promedio de 3.5 m/h, peso sobre barrena de 7.5 toneladas y retornos parciales de agua. Cuando se recuperó la barrena por haber llegado al tiempo de vida útil, esta presentaba daños en los baleros de rodillo cilíndricos y sin los tres tapones de la cámara de grasa. Se bajó la canasta chatarrera y el imán, recuperándose dos fragmentos metálicos y residuos de recortes.

Como la operación de pesca había sido incompleta se bajó una barrena de dientes fresados y se perforó hasta 1601 metros y posteriormente se descendió corona toma testigos y se cortó de 1601 a 1607 metros. De este testigo se sacó el 83% de la longitud perforada presentando lava andesítica porfírica con alteración parcial por hidrotermalismo. Fracturamiento medio, fracturas subverticales abiertas y parcialmente selladas por cuarzo principalmente de calcita y epidota. Fracturas oblicuas selladas por cuarzo, calcita y epidota. La alteración hidrotermal se observa con mayor intensidad en las zonas de contacto de las fracturas. Se observan fracturas con abertura milimétricas, rellenas con mineralizaciones secundarias. Epidota y clorita se observan sustituyendo parcialmente plagioclasas. Dureza media alta. Estabilidad media. Densidad media a alta, el porcentaje de los minerales hidrotermales fueron: arcillas 5%, clorita 4%, cuarzo 5%, calcita 1% y epidota 7%.

Luego del corte del testigo se realizó un registro inyektividad con caudales de 13.5, 30, 50 y 13 lts/seg, para que posteriormente el personal de Schlumberger realizara el BGT con resultados de desviación máxima de 3.5° y diámetros entre 9 a 10.5". El agujero fue reconocido hasta la profundidad de 1601 metros, sin encontrarse resistencia durante el viaje.

3.5.1 Corrida de la Tubería de Revestimiento de 7 5/8".

Esta operación fue realizada el día 26 de junio de 1997.

La tubería fue descendida a la profundidad de 1581.98 y el colgador fue anclado a 700.35 metros, quedando con el siguiente arreglo:

Tabla 3.5.1 Corrida del Liner de 7 5/8" de D.E.

No.	DESCRIPCIÓN	LONG. de Tramo (m)	LONG. ACUM (m)	PROF. INICIO	PROF. FINAL
1	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,11	14,11	1567,87	1581,98
2	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,09	28,2	1553,78	1567,87
3	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,23	42,43	1539,55	1553,78
4	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,14	56,57	1525,41	1539,55
5	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,67	70,24	1511,74	1525,41
6	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,27	84,51	1497,47	1511,74
7	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,23	98,74	1483,24	1497,47
8	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,97	112,71	1469,27	1483,24
9	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,24	126,95	1455,03	1469,27
10	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,8	140,75	1441,23	1455,03
11	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,34	155,09	1426,89	1441,23
12	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,21	169,3	1412,68	1426,89
13	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,76	183,06	1398,92	1412,68
14	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,13	197,19	1384,79	1398,92
15	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,86	211,05	1370,93	1384,79
16	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,08	225,13	1356,85	1370,93
17	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,88	239,01	1342,97	1356,85
18	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,74	252,75	1329,23	1342,97
19	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,09	266,84	1315,14	1329,23
20	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,77	280,61	1301,37	1315,14
21	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,35	294,96	1287,02	1301,37
22	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,68	308,64	1273,34	1287,02
23	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,87	322,51	1259,47	1273,34
24	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,79	336,3	1245,68	1259,47
25	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,83	350,13	1231,85	1245,68
26	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,85	363,98	1218	1231,85
27	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,11	378,09	1203,89	1218
28	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,11	392,2	1189,78	1203,89
29	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,09	406,29	1175,69	1189,78
30	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,28	420,57	1161,41	1175,69
31	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,21	434,78	1147,2	1161,41
32	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,91	448,69	1133,29	1147,2
33	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,07	462,76	1119,22	1133,29
34	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,14	476,9	1105,08	1119,22
35	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,76	490,66	1091,32	1105,08
36	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,15	504,81	1077,17	1091,32
37	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,91	518,72	1063,26	1077,17
38	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,9	532,62	1049,36	1063,26
39	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,13	546,75	1035,23	1049,36
40	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,85	560,6	1021,38	1035,23
41	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,74	574,34	1007,64	1021,38

42	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,14	588,48	993,5	1007,64
43	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,26	602,74	979,24	993,5
44	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,12	616,86	965,12	979,24
45	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,15	631,01	950,97	965,12
46	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,84	644,85	937,13	950,97
47	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,13	658,98	923	937,13
48	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,95	672,93	909,05	923
49	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,1	687,03	894,95	909,05
50	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,69	700,72	881,26	894,95
51	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,29	715,01	866,97	881,26
52	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	14,29	729,3	852,68	866,97
53	Tubería ranurada, 29.7 lb/pie	13,61	742,91	839,07	852,68
54	Tubería ciega, 29.7 lb/pie	14,08	756,99	824,99	839,07
55	Tubería ciega, 29.7 lb/pie	13,21	770,2	811,78	824,99
56	Tubería ciega, 29.7 lb/pie	14,07	784,27	797,71	811,78
57	Tubería ciega, 29.7 lb/pie	13,59	797,86	784,12	797,71
58	Tubería ciega, 29.7 lb/pie	13,88	811,74	770,24	784,12
59	Tubería ciega, 29.7 lb/pie	13,36	825,1	756,88	770,24
60	Tubería ciega, 29.7 lb/pie	14,11	839,21	742,77	756,88
61	Tubería ciega, 29.7 lb/pie	14,09	853,3	728,68	742,77
62	Tubería ciega, 29.7 lb/pie	13,82	867,12	714,86	728,68
63	Tubería ciega, 29.7 lb/pie	14,02	881,14	700,84	714,86
64	Liner hanger	0,84	881,98	700	700,84
	TOTAL	881,98			

Luego se procedió a desmontar el rotary head y los preventores para proceder a instalar la válvula maestra WKM 10"- 600 para posteriormente conectar brida ciega con carrete para realizar registro de temperatura y presión. Posteriormente de haber realizado la prueba de presión y temperatura se montó la línea de 9 ⁵/₈" y la válvula de control que va a los silenciadores.

3.5.2 Estimulación del Pozo.

El método utilizado fue el de Air Lift y se utilizó tubería franca de 3½", la cual fue descendida en tres etapas. La primera a 693 metros, la segunda a 1005.9 metros y la última a 1302 metros. Durante la estimulación se realizaron dos registros estáticos de temperaturas. La inducción se fue deteniendo en forma paulatina bajando el número de CFM hasta dejar fluyendo el pozo en forma natural, esta inducción natural duró alrededor de 12 horas y se detuvo porque hubo necesidad de cerrar la válvula para cambiar reducción de la tubería debido a que el manómetro de la presión crítica no marca ninguna lectura.

3.5.3 TABLA SINOPTICA DE LOS PARAMETROS DE ESTIMULACION EN EL POZO AH-34

Fecha	Hora	Temperatura (°c)	Presión (Kg/cm ²)	Caudal (l/s)	Flujo de Aire (CFM)
28/6/97	06:00	85	0,15		1000
28/6/97	12:00	89	0,25	0,07	1300
28/6/97	15:00	89	0,25	0,07	1600
28/6/97	18:00	89	0,25	0,07	1600
29/6/97	08:00	76	0	0	1300
29/6/97	09:00	86	0	0	1300
29/6/97	10:00	93	0,8	23,74	1300
29/6/97	11:00	93	0,8	22,2	1300
29/6/97	12:00	92	0,8	23,72	1300
29/6/97	13:00	92	0,8	23,72	1300
29/6/97	14:00	92	0,8	23,7	1300
29/6/97	15:00	93	0,8	23,74	1300
29/6/97	16:00	93	0,8	23,74	1300
29/6/97	17:00	93	0,8	23,74	1300
29/6/97	18:00	90	1,4	23,69	1300
29/6/97	19:00	93	0,8	23,74	1300
29/6/97	20:00	93	0,8	23,74	1300
29/6/97	21:00	93	0,8	23,74	1300
29/6/97	22:00	93	0,8	23,74	1300
29/6/97	23:00	93	0,8	23,74	1300
29/6/97	0:00	93	0,8	23,74	1300
30/06/97	01:00	94	0,8	23,74	1300
30/06/97	02:00	94	0,8	23,74	1300
30/06/97	03:00	94	0,8	23,74	1300
30/06/97	04:00	94	0,8	23,74	1300
30/06/97	05:00	94	0,8	23,74	1300
30/06/97	06:00	94	0,8	23,74	1300
30/06/97	07:00	94	0,8	23,75	1300
30/06/97	08:00	94	0,8	23,75	1300
30/06/97	09:00	94	1,1	23,75	1300
30/06/97	10:00	94	1,1	23,75	1300
30/06/97	11:00	94	1,1	23,75	1300
30/06/97	12:00	94	1,1	23,75	1300
30/06/97	13:00	94	1,1	23,75	1300
01/07/97	01:00	95	1,1	23,79	1100
01/07/97	02:00	95	1,1	23,79	1100
01/07/97	03:00	95	1,1	23,79	1100
01/07/97	04:00	95	1,1	23,79	1100
01/07/97	05:00	95	1,1	23,79	1100
01/07/97	06:00	95	1,1	23,79	1100

01/07/97	07:00	95	1,2	23,77	1100
01/07/97	08:00	95	1,2	23,77	1100
01/07/97	09:00	95	1,2	23,77	1100
01/07/97	10:00	95	1,2	23,77	1100
01/07/97	11:00	95	1,2	23,77	1100
01/07/97	12:00	95	1,2	23,77	900
01/07/97	13:00	95	1,2	23,77	900
01/07/97	14:00	95	1,2	23,77	900
01/07/97	15:00	96	1,1	21,93	700
01/07/97	16:00	96	1,1	21,93	700
01/07/97	17:00	97	1,03	20,83	500
01/07/97	18:00	97	1,03	20,83	500
01/07/97	19:00	97	1,1	20,83	400
01/07/97	20:00	97	1,1	20,83	400
01/07/97	21:00	97	1,1	20,83	300
01/07/97	22:00	97	1,1	20,83	300
01/07/97	23:00	97	1,2	20,83	200
01/07/97	0:00	97	1,1	20,83	150
02/07/97	01:00	97	1,1	20,83	150
02/07/97	02:00	97	1	15,62	0
02/07/97	03:00	97	1	15,62	0
02/07/97	04:00	97	1	15,62	0
02/07/97	05:00	97	1	15,62	0
02/07/97	06:00	97	1	15,62	0
02/07/97	07:00	98	0,95	15,63	0
02/07/97	08:00	98	0,95	15,63	0
02/07/97	09:00	98	0,95	15,63	0
02/07/97	10:00	98	0,95	15,63	0
02/07/97	11:00	98	0,95	15,63	0
02/07/97	12:00	98	0,98	15,63	0
02/07/97	13:00	98	1,05	15,63	0

ANEXOS

ANEXO 1. CUADRO RESUMEN DE LOS PARAMETROS DE PERFORACION POZO AH-34

Profundidad (m)	Avance (m/h)	Peso	Rotaria (rpm)	Caudal (l/seg)	Temp. Entrada (°C)	Temp. salida (°C)	Densidad (kg/l)	Viscosidad (seg/l)
5	0.4	0.5	72	19			1.04	40
10	2.60	1.0	70	20			1.06	52
15	10.00	3.0	70	19			1.06	43
20	1.50	2.0	70	22			1.07	57
25	0.85	2.0	25	20			1.08	59
30	0.74	3.0	90	26			1.10	64
35	2.51	4.0	38	24			1.11	
40	2.50	4.0	110	31			1.04	40
45	3.90	4.0	110	24			1.04	40
50	5.60	4.0	110	24			1.04	40
55	8.00	4.0	110	25			1.05	40
60	5.00	4.0	110	29			1.05	37
65	3.40	4.0	110	29			1.05	37
70	8.00	4.0	110	23			1.05	37
75	1.10	4.0	110	23			1.05	40
80	3.66	4.0	70	25			1.05	40
85	5.84	4.0	70	26			1.06	45
90	1.65	6.0	60	26			1.05	45
95	2.00	8.0	48	24			1.06	40
100	3.30	5.0	70	25			1.06	43
105	2.90	4.0	88	24			1.06	42
110	0.80	4.0	78	25			1.06	42
115	3.20	4.0	82	25			1.08	42
120	2.80	4.0	82	25			1.07	44
125	3.30	5.0	80	21			1.07	45
130	4.70	4.0	84	21			1.07	45
135	4.10	2.0	74	21			1.08	42
140	4.19	6.0	64	23			1.08	50
145	3.22	6.0	64	26			1.08	60
150	1.43	10.0	70	25			1.08	41
155	1.90	10.0	64	24			1.08	42
160	2.00	7.0	80	24			1.08	45
165	1.30	6.0	40	24			1.10	44
170	2.30	9.0	40	31			1.10	44
175	2.20	9.0	100	29			1.10	44
180	3.20	8.0	100	28			1.11	45
185	1.00	10.0	100	28			1.10	46
190	1.90	11.0	90	28			1.10	46
195	1.60	13.0	100	24			1.11	44
200	2.79	9.0	113	26			1.03	32
205	1.90	8.0	90	26			1.04	40

ANEXO 1. CUADRO RESUMEN DE LOS PARAMETROS DE PERFORACION POZO AH-34

Profundidad (m)	Avance (m/h)	Peso (1000 lb)	Rotaria (rpm)	Caudal (l/seg)	Temp. Entrada (°C)	Temp. Salida (°C)	Densidad (kg/l)	Viscosidad (seg/l)
210	2.00	9.0	100	23			1.04	40
215	1.50	10.0	113	26			1.05	49
220	2.16	14.0	125	30			1.06	49
225	2.55	14.0	150	30			1.06	47
230	2.18	14.0	100	30			1.06	47
235	2.50	15.0	88	30			1.08	54
240	2.13	15.0	88	30			1.06	51
245	2.00	15.0	100	29			1.07	52
250	1.50	15.0	100	29			1.06	48
255	1.50	15.0	100	29			1.06	48
260	2.00	15.0	100	29			1.07	48
265	2.50	15.0	92	29	47	48	1.08	50
270	3.30	15.0	92	28	47	48	1.09	48
275	4.30	15.0	86	27	48	49	1.08	52
280	1.00	12.0	98	28			1.04	40
285	2.40	12.0	98	28			1.04	40
290	6.00	12.0	98	28			1.04	40
295	3.40	12.0	98	28			1.06	40
300	6.60	12.0	100	28			1.06	40
305	7.30	4.0	80	28	43	45	1.05	52
310	4.80	5.0	80	36	44	46	1.05	41
315	4.30	5.0	80	31	43	45	1.04	37
320	3.30	9.0	74	31	45	47	1.04	35
325	3.90	9.0	70	31	45	47	1.04	34
330	2.80	9.0	78	29			1.04	34
335	1.80	10.0	75	29			1.03	35
340	3.10	10.0	75	29	42	48	1.04	39
345	4.50	6.0	75	29	42	48	1.04	43
350	3.50	12.0	100	29	47	50	1.04	43
355	2.50	12.0	75	29	48	50	1.04	43
360	3.00	12.0	100	29	49	51	1.04	38
365	2.00	13.0	90	29	50	51	1.05	41
370	1.70	13.0	50	31	53	54	1.04	31
375	1.70	15.0	60	31	53	54	1.06	38
380	1.30	15.0	50	31	53	55	1.06	42
385	1.50	15.0	60	31	54	55	1.06	41
390	4.80	12.0	70	26	44	45	1.06	46
395	3.80	12.0	70	31	44	45	1.06	40
400	6.00	10.0	70	31	46	49	1.06	48
405	4.20	10.0	70	31	53	56	1.06	48

ANEXO 1. CUADRO RESUMEN DE LOS PARAMETROS DE PERFORACION POZO AH-34

Profundidad (m)	Avance (m/h)	Peso (1000 lb)	Rotaria (rpm)	Caudal (l/seg)	Temp. Entrada (°C)	Temp. Salida (°C)	Densidad (kg/l)	Viscosidad (seg/l)
410	2.20	10.0	70	31	50	51	1.06	48
415	2.50	10.0	76	31	43	44	1.07	48
420	2.70	12.0	60	31	47	48	1.06	37
425	2.80	11.0	58	31	50	51	1.05	37
430	2.70	18.0	60	31	50	51	1.05	37
435	2.90	19.0	58	31	50	51	1.05	37
440	5.00	18.0	60	31	50	51	1.05	37
445	5.00	18.0	66	31	50	52	1.05	37
450	7.00	15.0	70	34	51	52	1.05	37
455	2.70	16.0	70	31	53	54	1.06	37
460	3.60	17.0	60	31	53	55	1.06	37
465	2.70	18.0	60	26	54	55	1.06	40
470	4.00	18.0	60	28	54	55	1.06	38
475	2.00	17.0	66	28	54	55	1.06	39
480	5.00	18.0	60	28	52	53	1.07	42
485	2.70	18.0	60	31	53	54	1.07	39
490	2.90	18.0	68	30	54	55	1.07	39
495	2.90	18.0	70	28	54	55	1.07	40
500	2.50	18.0	70	29	55	56	1.07	40
505	3.60	18.0	70	31	55	56	1.06	40
510	2.70	18.0	70	31	54	55	1.06	38
515	2.10	18.0	70	31	54	55	1.06	40
520	3.10	18.0	64	31	54	56	1.06	38
525	3.10	18.0	64	31	55	57	1.07	38
530	3.30	18.0	60	31	54	56	1.07	40
535	3.80	17.0	64	28	54	56	1.07	40
540	4.00	18.0	64	28	56	58	1.07	40
545	3.30	13.0	64	31	55	57	1.07	43
550	3.30	17.0	60	28	55	57	1.07	44
555	6.20	17.0	80	31	55	56	1.07	47
560	3.50	17.0	74	31	55	56	1.06	40
565	6.50	14.0	74	31	52	53	1.06	40
570	4.50	15.0	74	31	52	53	1.06	40
575	1.30	14.0	70	23				
580	6.50	15.0	60	31	52	54	1.03	37
585	6.50	15.0	60	31	52	54	1.03	37
590	4.00	15.0	60	31	52	54	1.03	37
595	3.30	15.0	60	31	53	55	1.04	40
600	4.30	14.0	60	28	57	58	1.03	37
605	6.20	10.0	60	28	57	58	1.03	37
610	3.70	15.0	64	23	57	58	1.03	37
615	4.80	12.0	60	23	57	58	1.03	37

ANEXO 1. CUADRO RESUMEN DE LOS PARAMETROS DE PERFORACION POZO AH-34V

Profundidad (m)	Avance (m/h)	Peso (1000-lb)	Rotaria (rpm)	Caudal (l/seg)	Temp. Entrada (°C)	Temp. Salida (°C)	Densidad (kg/l)	Viscosidad (seg/l)
620	4.70	12.0	60	26	57	58	1.03	37
625	3.30	12.0	60	26	57	58	1.04	38
630	4.00	12.0	60	26	57	58	1.04	38
635	3.80	15.0	60	26	57	58	1.06	40
640	3.50	15.0	54	23	57	58	1.06	37
645	4.00	15.0	50	31	57	58	1.06	37
650	4.00	15.0	50	31	59	61	1.06	45
655	4.30	15.0	50	31	59	61	1.06	45
660	5.10	14.0	50	31	60	61	1.06	45
665	13.10	10.0	50	31	36	61	1.05	37
670	13.50	10.0	50	31	40	61	1.05	37
675	14.70	10.0	50	31	45	48	1.06	37
680	14.00	10.0	50	31	45	47	1.06	37
685	6.80	18.0	70	31	45	48	1.06	37
690	5.10	18.0	60	31	45	48	1.06	37
695	9.50	18.0	60	31	46	49	1.06	37
700	11.20	13.0	70	33	48	51	1.06	37
705	12.25	10.0	70	33	48	51	1.06	37
710	13.30	9.0	70	33	50	52	1.07	38
715	14.00	9.0	70	33	50	52	1.07	37
720	15.10	9.0	70	33	50	52	1.07	37
725	6.00	9.0	70	33	31	37	1.07	37
730	6.30	9.0	70	33	34	36	1.07	37
735	5.40	8.0	70	31	36	38	1.07	37
740	1.30	8.0	70	33	36	38	1.07	36
745	2.00	6.0	70	31	37	38	1.07	40
750	4.00	8.0	70	31	37	38	1.07	40
755	5.50	8.0	70	31	37	38	1.07	40
760	4.00	8.0	70	26	38	39	1.08	40
765	5.00	8.0	70	31	39	40	1.07	40
770	4.73	8.0	60	31	32	44	1.07	48
775	5.00	8.0	60	31	35	38	1.08	40
780	8.00	8.0	60	31	39	40	1.08	40
785	4.00	8.0	60	33	40	41	1.08	40
790	3.00	8.0	60	33	40	41	1.08	40
795	3.00	8.0	60	33	40	41	1.08	40
800	3.50	8.0	60	31	40	41	1.08	44
805	3.00	8.0	70	31	40	41	1.08	44
810	1.50	8.0	70	31	43	44	1.08	47
815	3.50	8.0	70	31	34	37	1.10	45
820	1.70	8.0	70	31	34	41	1.01	50

**ANEXO 2. REGISTRO DE BARRENAS UTILIZADAS EN LA PERFORACION DEL POZO AH-34
CAMPO GEOTERMICO AHUACHAPAN**

FECHA INICIO: 3 de mayo de 1997

FECHA FINAL 3 de julio de 1997

No	DIAM. (pulg)	TIPO	No. SERIE	COD. IADC	JETS 1/32"			PROF. ENTRO (m)	PROF. SALIO (m)	METROS PERF.	HORAS PERF.	AVANC. PROMED. (m/h)	P.S.B. (l/s)	ROTAC. (rpm)	PRESION (psi)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	TEMP. LODO		CODIGO DE DESGASTE			TIPO FORMAC.	OBSERVACIONES
					1	2	3										ENT. (cent.)	SAL. (cent.)	T	B	G		
1	26	S4TJ	480857	131				2	37	35	41.5	0.84	2	65		1160			1	2	1	TOBAS LITICAS	Perforando Formación
2	17 1/2	31J	955304	315	27	27	27	21.14 37	37 197.5	15.86 160.5	7.25 63.5	2.2 2.5	4 7	88 75		1550 1550			1	2	1	TOBAS PUMITICAS TOBAS LITICAS TOBAS PUMITICAS	Perforando Cemento Perforando Formación
3	12 1/2	31GJ	958806	313	24	24	24	180.1 197.5 197.5 210	197.5 210.5 210.5 286	17.4 13 13 75.5	3.25 6.75 0.75 32.25	5.4 1.9 17.3 2.3	3 9 10 15	58 100 100 100		1550 1450 1550 1780			1	2	1	LAVA ANDESITICA LAVA ANDESITICA LAVA ANDESITICA	Perforando Cemento Perforando Formación Perforando Formación Perforando Formación
4	12 1/2	31GJ	916089	313	24	24	24	255 250.5 286 233 303 224.3 331.5	286 286 303 303 331.5 388.4	31 35.5 17 70 28.5 107.2 56.9	2 3.25 2.75 7.75 7 13.25 26.75	15.5 10.9 6.2 9 4 8 2.1	2 2 12 2 9 5 13	84 80 98 60 75 55 80		1700 1550 1700 1700 1860 1700 1800			1	4	1	LAVA ANDESITICA LAVA ANDESITICA LAVA ANDESITICA	Perforando Cemento Perforando Cemento Perforando Formación Perforando Cemento Perforando Formación Perforando Cemento Perforando Formación
5	12 1/2	J55R	629ES	627	16	16	16	388.4 522.8 577.5 755 764	577.5 577.5 755 764	189.1 54.7 177.5 9 56	51.5 3.75 32 1.75 15.25	3.7 14.6 5.5 5.2 3.7	17 3 12 8 8	70 60 60 70 65	700 600 800 670 900	1800 1700 1800 1700 1900	54 52 57 38 40	56 54 58 39 41	1	4	1	LAVAS ANDESITICAS TOBAS LITICAS TOBAS LITICAS LAVA ANDESITICA	Perforando Formación Perforando Cemento Perforando Formación Perforando Formación Perforando Formación
6	8 1/2	J33	526TA	537				757.86 820 1005 1245	820 1005 1254.8 1255	62.1 185 250 9.8	2.25 30 49.5 0.75	27.6 6.1 5.1 13.1	5 8 7 5	25 76 74 90	120 350 400 1080	1850 1400 350 1080	31 55 48 35	32 57 55 35	1	8	1	TOBAS LITICAS TOBAS LITICAS TOBAS LITICAS	Perforando Cemento Perforando Formación Perforando Formación Perforando Formación
7	8 1/2	J33	661TA	537				1255	1401	146	31.25	4.68	8	85	400	930	51	63	1	8	1		Perforando Formación
8	8 1/2	203CDCJ	WE845					1401 1597.5	1405 1601	4 3	0.75 0.5	5.3 7	5 5	60 60	400	930			1	8	1	LAVAS ANDESITICAS LAVAS ANDESITICAS	Perforando Formación Perforando Formación
9	8 1/2	M89F	686958	637				1405	1598	193	48	3.9	7	60	450	780	47	55	1	8	1	ANDESITA MICROCRISTALINA	Perforando Formación

NOTA: BARRENAS 1Y 9 MARCA SECURITY
BARRENAS 5,6,7 Y 8 MARCA HUGHES

BARRENAS 2,3Y 4 MARCA REED

ANEXO 3. REGISTROS DE VERTICALIDAD.

No.	ETAPA	PROFUNDIDAD (m)	DESVIACION (grados)
1	I	35.6	0.75
2	II	97.5	0.5
3	II	190	1.00
4	III	365	1.5
5	III	471	1.0
6	III	596.5	1.80
7	III	764	1.5
8	IV	947	2.0
9	IV	1052	1.25
10	IV	1242	2.3

**ANEXO 4. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DEL FLUIDO DE PERFORACION
PROGRAMADAS Y REALES**

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	A G U J E R O					
	26 Pulg.		17½ Pulg.		12¼ Pulg.	
	PROG.	REAL	PROG.	REAL	PROG.	REAL
TEMPERATURA DE SALIDA (C)		27 - 30		37 - 44		32 - 56
DENSIDAD (g/cc.)	1.04 - 1.10	1.04 - 1.09	1.04 - 1.1	1.04 - 1.1	1.04 - 1.10	1.1 - 1.08
VISCOSIDAD MARSH (seg./lt)	45 - 55	43 - 50	45 - 55	42 - 48	45 - 50	38 - 48
VISCOSIDAD PLASTICA (cps)	10 - 14	14-16	10 - 14	16	10 - 14	15-16
PUNTO DE CEDENCIA (lb/100 pie ²)	6 - 10	7	6 - 10	7	10 - 12	8
RESISTENCIA GEL (psi/100/pie ²)	2/4 , 4/8	2/4.	2/4, 4/8	2/4	2/4 - 4/8	2/4
FILTRADO API (ml/30 min.)	15 - 20	14 - 20	12 - 20	18 - 28	12 - 15	13 - 27
ENJARRE (mm)	1 - 2	2.0 - 2.5	1 - 2	2 - 3	1 - 2	2 - 3
ARENA (%v/v)	0.5 - 1.0	0.25 - 1.50	0.5 - 1.0	0.2 - 0.4	0.5 - 1.0	0.15 - 0.5
SOLIDOS (%v/v)	4 - 8	4 - 6.	4 - 8	4-6	4 - 8	4-6
AGUA (%v/v)	92 - 96	94-96	92 - 96	94-96	92 - 96	94-96
pH	9 - 10	8 - 11	9 - 10	8.5 - 11	9 - 10	10 - 12

ANEXO 5. CUADRO DE PERDIDAS DE CIRCULACION

PROFUNDIDAD PERFORADA (m)	VOLUMEN DE PERDIDA (m ³ /h)	OBSERVACIONES
ETAPA DE 26"		
11.4 - 11.5	3	La pérdida ocurrió debido a fuga de lodos hacia tubería de desagüe del contrapozo, por lo que fue necesario cementar.
ETAPA DE 12 ¼"		
282 - 286	PTC	Se aplicó tapón de cemento de 2.55 m ³ de lechada con densidad de 1.81 kg/l.
274.5 - 286	PTC	Se aplicó tapón de cemento de 5.18 m ³ de lechada con densidad de 1.81 kg/l.
288 - 303	4 - 11	Se aplicó tapón de cemento de 5 m ³ de lechada con densidad de 1.80 kg/l.
324 - 331	9 - 21	Se aplicó tapón de cemento de 3 m ³ de lechada con densidad de 1.85 kg/l.
300 - 303	6	Se aplicó tapón de cemento de 6.2 m ³ de lechada con densidad 1.85 kg/l
384.5	9	La pérdida del fluido de perforación se mantuvo durante 5 minutos
410.7 - 453.5	4 - 8	La pérdida del fluido de perforación se mantuvo durante 12.5 horas
568 - 570.5	4 - 26	Se aplicó tapón de cemento de 7 m ³ de lechada con densidad 1.8 kg/l
546.5 - 577.5	2 - 6	Perforando cemento.
820	PTC	Se aplicó tapón de cemento de 7 m ³ de lechada con densidad 1.89 kg/l. con tubería franca a 800 m.
ETAPA DE 8½"		
959	PTC	A esta profundidad se presentó pérdida total de circulación aún perforando con agua aereada.

PTC: Pérdida Total de Circulación.

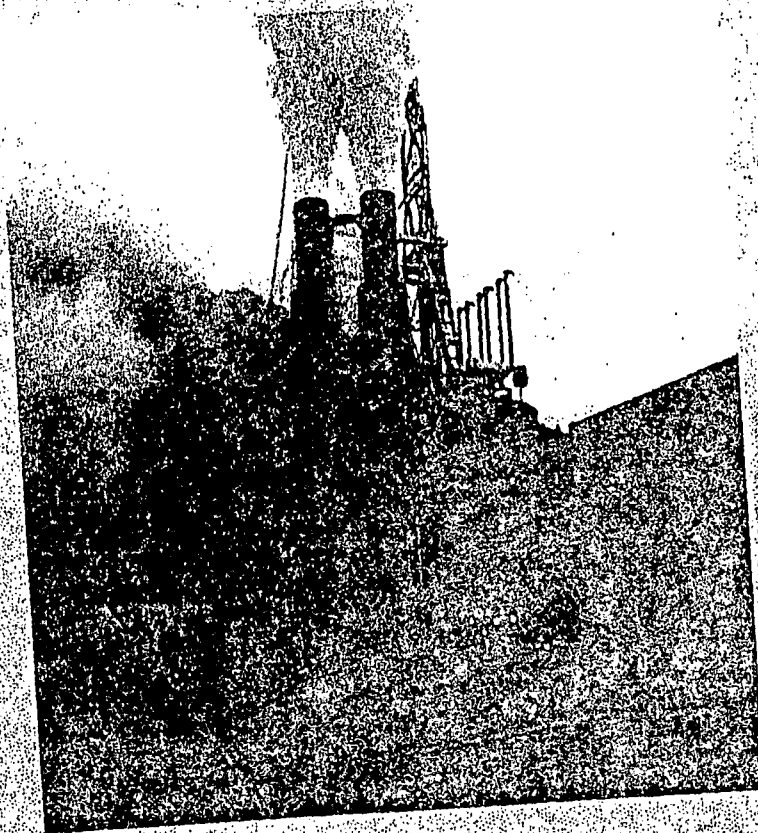


GERENCIA DE RECURSOS GEOTERMICOS
SUPERINTENDENCIA DE PERFORACION Y MANTENIMIENTO DE POZOS
PROYECTO ESTABILIZACION CAMPO GEOTERMICO DE AHUACHAPAN

INFORME FINAL DEL POZO

AH-33A

Perforación Ahuachapán



OCTUBRE DE 1997

INDICE

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

2. IDENTIFICACION DEL POZO

2.1 Objetivo de la perforación

2.2 Ubicación geográfica

2.3 Datos Generales

2.4 Equipos utilizados

2.4.1 Equipo de perforación

2.4.2 Equipo de aire

2.4.3 Equipo de cementación

3. DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES DE PERFORACION

3.1 Traslado y montaje de equipo de perforación

3.2 Primera etapa. Perforación con barrena de 26"

3.2.1 Corrida de tubería de revestimiento de 20"

3.2.2 Fluidos de perforación, etapa I

3.2.3 Cementación de tubería de revestimiento de 20"

3.3 Segunda etapa. Perforación con barrena de 17½"

3.3.1 Corrida de tubería de revestimiento de 13 3/8"

3.3.2 Fluidos de perforación, etapa II

3.3.3 Cementación de tubería de revestimiento de 13 3/8"

3.4 Tercera etapa. Perforación con barrena de 12¼"

3.4.1 Corrida de la tubería de revestimiento de 9 5/8"

3.4.2 Fluidos de perforación, etapa III

3.4.3 Cementación de tubería de revestimiento de 9 5/8"

3.5 Cuarta etapa. Perforación con barrena de 8½"

3.5.1 Fluidos de perforación, etapa IV

3.6 Inducción del pozo

4. SARTAS DE PERFORACION UTILIZADAS POR ETAPAS

4.1 Primera etapa

4.2 Segunda etapa

4.3 Tercera etapa

4.4 Cuarta etapa

5. ANEXOS

Anexo 1. Cuadros resumen de los parámetros de perforación

Anexo 2. Cuadro de barrenas utilizadas en la perforación

Anexo 3. Registros de verticalidad

Anexo 4. Cuadro propiedades fisico-químicas del fluido de perforación

Anexo 5. Cuadro de tapones de cemento

- Anexo 6. Perfil técnico del pozo
- Anexo 7. Curva de avance de perforación
- Anexo 8. Arreglo de cabezal de pozo
- Anexo 9. Registros eléctricos de caliper y gamma ray
- Anexo 10. Informe geológico final

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

La perforación del pozo AH-33A está enmarcado dentro de la fase I del proyecto "Estabilización del Campo Geotérmico de Ahuachapán", financiado por fondos otorgados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) a la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL).

Los servicios de perforación, suministro de materiales, accesorios y obras civiles asociadas, fueron adjudicadas a la empresa FORASAL-FORAKY S. A. de C.V. a través del contrato No. CEL-2793.

El pozo AH-33A es el primero de los dos pozos direccionales programado para la plataforma AH-33, con rumbo N25E, 28 grados de inclinación e inicio de KOP a los 400 m, quedando al final de su construcción con un rumbo de N26E y 29.5 grados de inclinación.

La terminación del pozo fue programada para perforarse en cuatro etapas, la primera con barrena de 26" y una profundidad entre 40 y 50 m, se perforó hasta 39.5 m; la segunda con barrena de 17 ½" y profundidad programada entre 300 y 350 m, se perforó hasta 355 m; la tercera con barrena de 12 ¼" y una profundidad programada de 550 y 650 m, se perforó hasta 850 m; y la cuarta programada para 1500 m, se terminó a los 1608 m.

Las primeras tres etapas fueron perforadas con lodo y la cuarta con agua aereada como fluido de perforación para proteger la zona del reservorio, enviando baches de polímero CMC para ayudar a levantar los recortes.

1.2 Actividades realizadas

La perforación del pozo direccional AH-33A se inició el 20 de junio de 1997, la primera etapa se desarrolló entre el 20 y el 26 de junio de 1997, la segunda etapa se desarrolló entre el 27 de junio y el 16 de julio de 1997, la tercera entre el 16 de julio y 02 de agosto de 1997 y la cuarta etapa entre el 02 y 17 de agosto, posteriormente se realizaron los preparativos para la inducción del pozo la cual finalizó el 23 de agosto de 1997. Posteriormente se efectuó la prueba de hidrofracturamiento y finalmente se quebró la tubería de perforación para dar por finalizado el pozo el 25 de agosto a las 17:30 horas.

2. IDENTIFICACION DEL POZO

2.1 Objetivo de la perforación

La perforación del pozo direccional Ah-33A, enmarcado dentro del proyecto "Estabilización del Campo Geotérmico de Ahuachapán", fue perforado con el propósito

de evaluar la zona sur-este de la actual zona de producción y servir como pozo productor para incrementar la disponibilidad de vapor con la que actualmente cuenta la Central Geotérmica de Ahuachapán y por lo tanto incrementar la generación de energía eléctrica.

2.2 Ubicación geográfica

Campo Geotérmico:	Ahuachapán
Departamento:	Ahuachapán
Latitud:	309,719.20 m.
Longitud:	412,661.36 m
Elevación:	917.20 m.s.n.m.

2.3 Datos generales

Nombre del pozo:	AH-33A
Profundidad desarrollada:	1608 m.
Profundidad vertical:	1513.74 m.
Desplazamiento horizontal:	436.46 m.
Rumbo:	N26E
Inclinación:	29 grados
Radio del objetivo:	50 m.
Número de licitación:	CEL-1483
Número de contrato:	CEL-2793
Contratista:	FORASAL-FORAKY
Supervisión:	Departamento de perforación Ahuachapán
Inicio de perforación:	20 de junio de 1997
Final de perforación:	25 de agosto de 1997
Duración:	67 días

2.4 Equipos utilizados

2.4.1 Equipo de perforación

Torre de perforación:

Marca:	Branham Industries
Altura:	136 pies (41.45 m)
Capacidad estática:	550,000 lbs. Con 10 líneas de 1 ¼"
Capacidad Bruta:	770,000 lb.

Sub-estructura:

Marca: Branham, tipo Box
Altura total: 5.30 m.
Capacidad rotaria: 470,000 lb.
Capacidad de estibado: 360,000 lb.

Equipo de izaje:

Malacate
Marca: Oil Well 660E
Potencia de entrada: 700 HP

Sistema de potencia:

Motores: 4 motores diesel Caterpillar con alternadores Cat SR4
Capacidad: 690 KVA cada motor
Factor de potencia: 0.70
Potencia total: 1200 HP a 2100 RPM

Bombas de lodos:

Bomba principal.
Marca: IDECO
Modelo: T-800, Triplex, motores General Electric 752 DC
Potencia de entrada: 800 HP

Bomba secundaria:
Marca: IDECO
Modelo: T-800, Triplex, motores General Electric 752 DC
Potencia de entrada: 800 HP

Sistema de preparación, tratamiento y circulación de fluidos de perforación:

- Un tanque de sedimentación de 65 m³
- Un tanque de lodo de 80 m³ de capacidad total
- Un tanque de preparación de lodo de 30 m³ de capacidad total
- Un tanque de succión de lodo de 23 m³
- Una torre de enfriamiento con capacidad de 50 l/s. , con bomba centrífuga para alimentación
- Dos tanques de almacenamiento de agua de 150 m³ de capacidad total
- Sistema para tratamiento completo de lodo.

2.4.2 Equipo de aire (Air Drilling Services)

- Dos compresores primarios de tornillo de 850 CFM a 200 psi cada uno, marca Quincy, modelo QSS 200, año 94.
- Un elevador de presión (Booster), de 2000 CFM a 2000 psi, marca Joy, modelo WB12, año 94.
- Una bomba de inyección de espuma de 60 GPM, triplex con dos tanques.
- Un cabezal rotativo completo para agujeros de 26" hasta 8 ½", marca Grant, año 95.
- Un separador aire fluido tipo vertical, con descarga horizontal.
- Medidores de caudal, presión y temperatura para el control de operaciones.
- Computador e impresor portátil con software para la programación y control de operaciones.

2.4.3 Equipo de cementación (Halliburton)

- Una unidad de cementación equipada con RCM II y ADC II, con accesorios, autotransportable, marca Halliburton, con juego de medidores integrados para medición continua de densidad, presión y caudal de lechada.
- Un equipo de cómputo para control, marca Halliburton tipo Compupac W383.
- Dos silos horizontales con capacidad de 1200 sacos cada uno, y tres silos móviles con capacidad de 350 sacos cada uno.
- Silos móviles para transporte de materiales, con sistema neumático, marca Halliburton.
- Juegos de tubería de acople.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE PERFORACIÓN.

3.1 Traslado y montaje del equipo de perforación.

El pozo AH-4 bis donde perforó el equipo Oil Well 660 E, terminó oficialmente a las 15:00 horas, del 30 de mayo de 1997, por lo que a partir de ese momento dio inicio el desmontaje y traslado del equipo para montarlo en la plataforma del pozo AH-33A.

Debido a falta de grúas para el desmontaje del equipo de perforación de la plataforma del pozo Ah-4 bis y montaje en la plataforma del Ah-33 A, la desmovilización y montaje requirió 20 días, aunque contractualmente para el traslado entre plataformas están especificados 15 días.

3.2 Primera etapa. Perforación con barrena de 26".

Estrato perforado: 0 - 39.50 m.

Esta etapa fue construida del 20 al 26 de junio de 1997.

Después de haber revisado el equipo de perforación y hacer las últimas pruebas de ajuste, se determinó que el equipo estaba en condiciones para perforar, por lo que a las 4:00 horas del 20 de junio de 1997, se dio la orden de inicio del pozo Ah-33 A.

Se armó sarta de perforación con barrena de 26" marca Security, tipo S4TJ, IADC 131, con dos toberas de 22/32 y una de 18/32. A la profundidad de 2.78 m se observó fuga por el agujero de ratón, por lo que se decidió profundizar hasta 3.20 m para colocar tapón de cemento con volumen de 2.1 metros cúbicos y densidad de 1.88 g/cc, luego se esperó 6 horas de fraguado. Se continuó perforando en circulación normal de lodo, con avances entre 0.04 y 0.16 m/h, por la poca disponibilidad de peso, llegando hasta una profundidad de 3.90 m.

Entre los 3.90 y 5.91 m, los avances variaron entre 0.08 y 0.40 m/h. A esta profundidad se detectó fuga por la cabeza de inyección, por lo que se detuvo la perforación para repararla. Entre los 9 y 21.18 m se obtuvieron avances promedios de 2.42 m/h, debido a que se estaba atravesando un estrato de toba fina, luego se entró a una zona de escoria lapilli (lava), lo que provocó una disminución en el avance a 0.60 m/h. Al aumentar el peso sobre la barrena de 10,000 a 15,000 lbs. se mejoró el avance a 1.00 m/h. Se conectó segundo estabilizador y barra de peso de 11 ¼" X 9.47 m y continuó la perforación de 21.18 a 32 m. A esta profundidad por la dureza de la formación, se decidió revisar la barrena, obteniéndose el siguiente resultado: T1UW-B6-I, por lo que se decidió cambiarla.

Debido al poco avance y a la dureza de la formación se recuperó barrena para evaluar su estado mostrando las características T1UW-B6-J, por lo que se decidió cambiarla.

Se conectó barrena marca Smith de 26", tipo V3, serie 17769, la cual había trabajado en el pozo AH-4 bis 19.5 horas y perforado 44.70 m, quedando en buenas condiciones, por lo que se utilizó para perforar los 7.50 m que faltaban para terminar esta etapa.

Se conectó tercer drill collar de 11 ¼" X 9.46 m y continuó la perforación de formación en condición normal de circulación de lodos hasta 39.50 m, con avances promedio de 0.22 m/h. Luego se circuló por 30 minutos, se recuperó herramienta, se revisó barrena encontrándose en las siguientes condiciones: T1UW-B5-I. Se realizó reconocimiento del agujero, se circuló por 30 minutos para desalojar los recortes, se recuperó herramienta a superficie y se efectuaron los preparativos para la corrida de tubería de revestimiento de 20".

3.2.1 Corrida de tubería de revestimiento de 20".

El día 24 de junio, se efectuó la corrida de tres tramos de tubería de revestimiento de 20" (K55, 94 lb/pie, rosca Buttress) sin problemas, dejando la zapata a la profundidad de 36.15 m. Se utilizaron en dicha corrida 3 centralizadores: uno inmediatamente arriba de la zapata, otro en el collar flotador y el último en la unión entre el segundo y tercer tramo. La tabla 3.1 muestra el arreglo de la corrida de la tubería.

Tabla 3.2.1 Corrida de tubería de revestimiento de 20"

- Profundidad de Zapata 36.15 m.
- Profundidad perforada 39.50 m.
- (*1) Profundidad a la cual se encuentra la unión entre tubos

TRAMO No.	LONG. DE TRAMO (m)	LONG. AGUMULADA (m)	CENTRALIZADOR	CONEXION ENTRE TUBOS (*1) (m)
Zapata	00.61	00.61		35.54
1	14.35	14.96	C	21.19
Float collar	00.80	15.76	C	20.39
2	14.19	29.95	C	06.20
3	12.53	42.48		

3.2.2 Fluidos de perforación. Etapa I

La perforación con barrena de 26" inició el 20 de junio de 1997 y finalizó el día 24 del mismo mes a la profundidad de 39.5 m. Para las operaciones en la etapa de 26" se preparó lodo bentonítico, compuesto básicamente por bentonita, soda cáustica y agua, con las siguientes propiedades fisicoquímicas promedio:

Densidad (gr/cm ³):	1.06-1.09
Viscosidad Marsh (s/l):	48-55
Viscosidad plástica (cps):	14-16
Punto de cedencia (lb/100 pie ²):	4-8
Resistencia gel (lb/100 pie ²):	3/5-4/6
Filtrado API (ml/30 min):	13-15
Enjarre (mm):	1-2
Arena (% v/v):	0.6-0.75
Sólidos (% v/v):	3-7
Agua (% v/v):	93-97
pH:	9-11

El 20 de junio se presentó pérdida de circulación después de haberse perforado un metro, observándose retorno del lodo por el agujero de ratón hacia el contrapozo, por lo que se decidió perforar hasta los 3.2 m y enviar tapón de cemento con un volumen de lechada de 2.1 m³ y con densidad de 1.88 kg/l. En este tapón se consumieron 62 sacos de cemento portland y 2 sacos de cloruro de calcio.

Después de 18 horas de fraguado de cemento se continuó la perforación con un lodo acondicionado con bicarbonato de sodio (NaHCO_3) para contrarrestar la contaminación con hidróxido de calcio (Ca(OH)_2).

3.2.3 Cementación de tubería de revestimiento de 20".

La cementación de T.R. de 20" se efectuó el día 24 de junio de 1997. La profundidad perforada fue de 39.5 m y zapata de 20" quedó anclada a 36.15 m, el volumen geométrico de lechada era de 10.6 m^3 .

La cementación de la tubería se realizó por el método Stab in, dado que éste permite la variación del volumen de lechada en un amplio rango, según el requerimiento en la operación. Para evitar la contaminación de la lechada cementante con el lodo y remover parte del enjarre del pozo, se bombearon 5 m^3 de agua con bicarbonato de sodio (3% p/v), como frente espaciador. A continuación se envió un volumen de lechada de 20.7 m^3 , con densidad de 1.89 kg/l, obteniéndose retorno de cemento franco en los tamices vibratorios. La operación se realizó con circulación continua de fluido.

Se calculó que 1.6 m^3 de lechada fueron desalojados del pozo hasta lograr una densidad de 1.75 kg/l en el retorno. Se estimó que dentro del pozo quedó un volumen de lechada de 19 m^3 , lo cual equivale al 136% de exceso con respecto al agujero descubierto.

Al finalizar el bombeo de lechada se envió 1.6 bbl de agua para desplazar el cemento contenido en el interior de la tubería de perforación hasta el collar stab-in.

Luego de 10 horas de fraguado, se encontró cima de cemento en el espacio anular (26" y 20"), a la profundidad de 2.5 m. Se efectuó cementación complementaria en forma manual con 3 sacos de cemento clase A.

En total se gastaron 482 sacos de cemento clase H más el 35% de harina sílica. En el anexo 4 se presenta el consumo de materiales en cada etapa.

La concentración de materiales empleados en la formulación de la lechada fue la siguiente:

Cemento H:	100%
Harina sílica:	35%

Finalmente se recuperó tubería franca a superficie y se dio un tiempo de espera para el fraguado del cemento de 18 horas, lapso en el cual se trabajó en el corte y desmontaje del tubo de rebalse y después se procedió a cortar la tubería de revestimiento de 20", quedando ésta a 0.40 m del nivel inferior del contrapozo (0.78 m del nivel de tierra). A continuación se prepararon las superficies para el montaje del cabezal de pozo, que incluyó la doble soldadura tanto por el exterior como por el interior del tubo, además se realizó el montaje del preventor doble y el anular. Los trabajos también incluyeron

apriete de pernos entre bridas y por último el montaje del tubo para la descarga de lodos. Luego se procedió con los preparativos para armar herramienta e iniciar el descenso.

Cementación Complementaria.

Paralelamente a los trabajos de montaje de arreglo de B.O.P. se realizó la cementación complementaria, encontrándose la cima de cemento a 2 m. Se utilizó para dicha operación tres bolsas de cemento mezcladas con cuatro libras de cloruro de calcio.

3.3 Segunda etapa. Perforación con barrena de 17 1/2" **Estrato perforado 39.5 - 355.0 m.**

Esta etapa inició a las 00:00 horas del 27 de junio y finalizó el 16 de julio de 1997.

Se descendió herramienta encontrando tope de cemento a 17.5 m, se perforó cemento en circulación normal de lodo hasta la profundidad de 31 m (5 m arriba de la zapata). Posteriormente se circuló por cinco minutos y se efectuó la prueba de presión en el casing de 20", se cerraron preventores y se presurizó con bomba hasta alcanzar una presión de 400 psi, la cual se mantuvo por 15 minutos sin presentarse fuga. Continuó perforación de cemento de 31 hasta 39.5 m y formación de 39.5 m hasta 47 m de profundidad en circulación normal de lodo. Posteriormente se circuló y se levantó sarta de perforación para colocarle estabilizadores. Se revisó la barrena y se observó que presentaba desgaste T2-B3-O1/8 por lo que se decidió cambiar la barrena por una de insertos marca Security, tipo SS84, código IADC 515M.

Se descendió sarta empacada y se estabilizó de 36.40 m hasta 47 m, a esta profundidad en el cambio de formación se dio pérdida parcial de circulación de 2 m³/h la cual se fue incrementando hasta 27 m³/h (ver cuadro de perdidas). Se tomó registro de inclinación del pozo (TOTCO) con resultado de 1 grado a la profundidad de 99 m. A partir de los 104.6 m se cambió a agua como fluido de perforación, debido a que las pérdidas de circulación se incrementaron a 27 m³/h, luego se incremento a 37 m³/h entre los 126 y 129.40 m de profundidad, por lo que se decidió colocar un tapón de cemento.

Se recuperó herramienta a superficie y se bajó tubería franca a 117.56 m. El personal de Air Drilling efectuó registro de nivel hidrostático con resultado de 53 m. Se preparó y se envió lechada de cemento con las siguientes características: volumen 9 metros cúbicos, densidad 1.87 kg./l. Se tomó nuevamente el nivel hidrostático con resultado de 42 m y se bombearon 8 metros cúbicos de agua. Se esperó por 7 horas de fraguado y a continuación personal de Air Drilling tomó nuevamente registro de nivel hidrostático dando un resultado de 51 m.

Se bombeó un volumen de 13 metros cúbicos de agua sin observarse el nivel, razón por la cual se procedió a bajar tubería franca para tocar cima de cemento a 85.16 m, se tomó entonces la decisión de poner un nuevo tapón de cemento, se recupero tubería franca a

82.16 m y posteriormente se bombeó un volumen de 9 metros cúbicos de lechada de cemento con una densidad de 1.86 kg./l, se midió nivel hidrostático a 38.5 m y se dio un tiempo de espera de fraguado de 7 horas. Se midió nuevamente nivel hidrostático, con resultado de 48 m.

Se descendió herramienta hasta tocar cima de cemento a 48.5 m por lo que inició la perforación de cemento en circulación normal de lodo hasta 117.56 m. A partir de esta profundidad se reperforó hasta 129 m y se continuo con la perforación de formación hasta 136 m en circulación normal de lodos. De 136 a 138.70 m se perforó en pérdida parcial de lodo de 5.8 m³/h, de 138.70 a 141.5 m con pérdida parcial de 11 m³/h y de 148.23 a 154.30 m con pérdida parcial de 5.5 m³/h. Luego se continuó perforando en circulación normal de lodos hasta 186.32 m.

A la profundidad de 185.97 m se tomó registro de verticalidad (TOTCO), por lo que se circuló por 30 minutos para desalojar los recortes, obteniéndose un resultado de 1.25° de desviación. Luego continuó la perforación en circulación normal de lodos de 186.32 a 281.59 m, con avances promedios de 4.71 m/h. A esta profundidad se toma nuevamente un registro de verticalidad obteniendo 1.25° de desviación.

A continuación se hizo un reconocimiento de 100 m de agujero y continuó la perforación en condiciones normales de circulación de lodo hasta los 305 m donde se dio pérdida total, por lo que se profundizó hasta 320.03 m perforando con agua, se circuló por 15 minutos y se recuperó herramienta para después luego descender tubería franca y colocar tapón de cemento.

Con la recuperación se aprovechó para revisar la barrena, encontrándose en las siguientes condiciones: T0UW-B4-I. Durante el descenso de la tubería franca se detectó tope a 136 m, por lo que se conecto la Kelly y se intentó bajar bombeando, al no lograrlo, se recuperó tubería franca y se bajó sarta con barrena para estabilizar el agujero, encontrándose efectivamente un tope, se aplico 25,000 lbs. de peso , se repasó por 6 veces y el tope siempre se mantenía, al lograr pasar este punto se continuó con el reconocimiento del agujero de 135.50 a 154.50 m. con mucha resistencia. A esta profundidad se observó retorno parcial de agua (intermitente), y se continuó reconociendo hasta 183 m en pérdida total, donde se observó un alto torque y demasiada vibración en los estabilizadores, por lo que se recuperó la herramienta para continuar el reconocimiento sin los estabilizadores y sin los Drill Collar de 11 ¼". Al descender con el nuevo arreglo se encontró resistencia a los 96.19 m. Luego se continuó reperforando hasta 295.45 m donde nuevamente se encontró resistencia, se repasó por dos veces y se continuó hasta 320 m.

Se recupero herramienta y se descendió tubería franca hasta 315 m para colocar cuarto tapón de cemento de 7 metros cúbicos con densidad de 1.85 kg./l, el cual se cargó con 5 metros cúbicos de agua para ayudarlo a penetrar a la formación. Se espero fraguado por 6 horas, se midió nivel hidrostático a 109.40 m, se trató de llenar el pozo con 45 metros cúbicos de agua con resultado negativo. Se descendió tubería franca para tocar cima de cemento a 285 m, se midió nivel hidrostático a 74.50 m y se trató de llenar el pozo nuevamente con 23 metros cúbicos con resultado negativo, por lo que se levantó tubería

franca a 283.35 m para colocar quinto tapón de cemento de 7 metros cúbicos con densidad de 1.86 kg./l, se midió nivel hidrostático a 86.70 m. Se intentó realizar un registro dinámico de temperatura para determinar la zona de pérdida, pero no fue posible debido a que la barra de peso para confirmar la cima del cemento encontró tope a los 95 m. la cual después de varios intentos se logro bajar, encontrando nuevamente tope a los 136 m el cual ya no fue posible pasar, por lo que no se corrió el registro.

Al no correr el registro se decidió colocar un tapón en la zona de pérdidas parciales que se encontró en la perforación. Se descendió tubería franca a 155 m y se bombeó sexto tapón de cemento de 6 metros cúbicos con densidad de 1.85 kg./l, se midió nivel hidrostático a 78.50 m, por lo que se descendió nuevamente tubería franca hasta 108 m y se bombeó séptimo tapón de cemento de 6 metros cúbicos con densidad de 1.82 kg./l. Se midió nivel hidrostático a 59 m y se espero fraguado por 6 horas.

Luego de la espera de fraguado se intentó llenar el pozo con 18.5 metros cúbicos de agua con resultado negativo, por lo que se descendió tubería franca para detectar cima de cemento a 133.50 m, lo que indicaba que el séptimo tapón había ingresado a la formación. Se midió nivel hidrostático a 51 m, se levanto tubería franca a 108 m para bombear el octavo tapón de cemento con volumen de 10 metros cúbicos y densidad de 1.77 kg./l, mezclado con bentonita, antiespumante y material obturante (cascarilla de café). Se esperó fraguado por 7 horas.

Después del tiempo de fraguado se descendió tubería franca para detectar cima de cemento a 111 m, se midió nivel hidrostático a 54.50 m y se bombearon 10.5 metros cúbicos de agua para llenar el pozo. Luego de recuperar tubería franca se descendió sarta empacada para perforar cemento, encontrándose resistencia a los 94.50 m, se continuó perforando cemento hasta 176.50 m (de 138 a 167 m la sarta descendió libre, de 167 a 176.50 m con poca resistencia).

Continuo la perforación de cemento de 176.50 a 294.55 m (de 205 a 253 m se descendió libremente). A la profundidad de 294.55 m ocurrió pérdida total de circulación, por lo que se profundizó 2 m más perforando con lodo, se envió bache de lodo viscoso con cascarilla de café de 10 metros cúbicos sin lograr restablecer la circulación. Luego se midió nivel hidrostático con Echometer con resultado de 99 m.

Se descendió tubería franca a 108 m y se bombeó noveno tapón de cemento de 10 metros cúbicos con una densidad de 1.90 kg./l y se midió nivel hidrostático con Echometer a con resultado de 60.5 m. Se espero fraguado por 6 horas y se volvió a medir nivel hidrostático con resultado de 79.5 m.

Luego de recuperar tubería franca se descendió herramienta hasta encontrar cima de cemento a 107.43 m. Se perforó cemento con poca resistencia hasta 290.59 m donde se presento pérdida total de circulación, la cual se recuperó luego de enviar un bache de lodo viscoso de 10 metros cúbicos con cascarilla de café y se continuo perforando cemento en circulación normal de 290.59 a 302 m.

A la profundidad de 303 m se presentó pérdida parcial de circulación inicial de 4 m³/h la cual se incrementó a 10 m³/h. La pérdida se logro reducir mediante el envío de baches viscosos y material obturante, continuando la perforación de cemento hasta 320.03 m con una pérdida parcial de 4 m³/h. Luego se perforó formación en circulación normal de lodo hasta 340 m, donde se dio pérdida total de circulación, perforando en esas condiciones hasta los 344.8 m. Debido a que no se logró restablecer la circulación, incluso después de enviar baches viscosos con material obturante, se procedió a medir el nivel hidrostático con resultado de 221 m para luego colocar un tapón de cemento a la profundidad de 341 m, volumen de lechada de 10.4 metros cúbicos y con una densidad de 1.92 kg./l.

Luego de esperar 6 horas de fraguado se procedió a descender tubería franca para medir el nivel hidrostático a 203.5 m y se detectó la cima de cemento a 315 m, luego se intentó llenar el pozo sin lograrlo, se midió nuevamente el nivel hidrostático a 136.5m, se descendió tubería franca a 312 m y se inyectó un nuevo tapón de cemento de 10 metros cúbicos y densidad de 1.89 kg./l, posteriormente se recuperó tubería franca a superficie y se espero 6 horas de fraguado del cemento.

Después de esperar fraguado de cemento por 6 horas se descendió tubería franca para medir nivel hidrostático a 155.5 m y se tocó cima de cemento a 262.55 m. Posteriormente se intentó llenar el pozo sin lograrlo razón por la que se bajó tubería franca a 174 m para colocar otro tapón de cemento con las características siguientes: volumen de lechada 10.38 metros cúbicos y una densidad de 1.91 kg./l, se dio un tiempo de espera de fraguado de 6 horas y se descendió tubería franca para tocar cima de cemento a 196 m, y el resultado de la medición del nivel hidrostático fue de 60.64 m, se bombeó un volumen de 15 metros cúbicos de agua y esta vez se obtuvo retorno por la temblorina.

Se descendió sarta y se procedió a perforar cemento de 196 hasta 344.80 m y formación desde 344.80 hasta 355 m. A la profundidad de 349 m, se observó pérdida parcial de circulación, posteriormente al circular a la profundidad de 355 m se presentó una pérdida total, por lo que se decidió reconocer el agujero sin observarse resistencia durante el descenso hasta 355 m, luego se circuló en el fondo observando nuevamente pérdida total intermitente.

Se tomó registro de desviación, obteniendo un resultado de 1.5 grados y se recuperó la sarta para bajar tubería franca a 354 m y colocar tapón de cemento número trece de 7.3 metros cúbicos y 1.83 kg./l de densidad.

Se descendió sarta y se perforó cemento hasta la profundidad de 355 m, encontrando pérdida total intermitente desde los 348 m, posteriormente se normalizo la circulación con la inyección de un bache viscoso, luego se circuló durante una hora y 30 minutos. Se recupero sarta a la superficie y se iniciaron los preparativos para realizar la corrida de tubería de revestimiento de 13 3/8".

Tabla 3.3.1 Resumen de Pérdidas de Circulación, Etapa II

No.	FECHA	ETAPA	PROF. (m)	TIPO	VOLUMEN DE PERDIDA (m ³ /h)	DURACIÓN (HORAS)
1	28/06/97	II	47.10	P	2 - 27	0.75
2	28/06/97	II	54.00	P	2 - 35	5.50
3	29/06/97	II	95.20	P	2 - 7	3.00
4	29/06/97	II	104.60	P	27	8.00
5	29/06/97	II	126.00	P	37	1.00
6	01/07/97	II	137.40	P	5 - 8	0.75
7	02/07/97	II	138.00	P	11	0.75
8	02/07/97	II	148.23	P	5	1.50
9	03/07/97	II	305.00	T	-	-
10	07/07/97	II	294.55	T	-	-
11	08/07/97	II	290.59	T	-	-
12	08/07/97	II	303.00	P	4 - 10	6.75
13	09/07/97	II	340.00	T	-	-
14	11/07/97	II	349.00	P	15	0.25
15	11/07/97	II	355.00	T	-	-
16	13/07/97	II	355.00	T	-	-

Tabla 3.3.2 Resumen de Taponés de Cemento, Etapa II

No.	FECHA	PROF. (m)	VOL. (m ³)	DENS. (Kg/l)	TOPE (m)	N.H.A.	N.H.P.	N.H.F.
1	29/06/97	117.56	9.00	1.87	85.16	53.0	42.00	51.00
2	30/06/97	85.16	9.00	1.86	48.50	P.P.	38.50	48.00
3	04/07/97	315.00	7.00	1.85	285.00	N.T.	109.40	74.50
4	05/07/97	283.35	7.00	1.86	-	74.50	86.70	continuo
5	05/07/97	155.00	6.00	1.85	-	86.70	78.50	continuo
6	05/07/97	108.00	6.00	1.82	133.50	78.50	59.00	51.00
7	06/07/97	108.00	10.00	1.77	111.00	51.00	N.M.	54.50
8	07/07/97	108.00	10.00	1.90	107.43	99.00	60.50	79.50
9	09/07/97	340.00	10.40	1.92	315.00	221.00	203.50	136.50
10	09/07/97	312.00	10.00	1.89	262.50	136.50	N.M.	155.50
11	10/07/97	174.00	10.38	1.91	196.00	155.50	N.M.	60.64
12	12/07/97	354.00	7.30	1.83	309.00	55.46	N.M.	retorno

N.H.A: Nivel hidrostático inmediatamente al darse la pérdida

N.H.P: Nivel hidrostático inmediatamente después del tapón de cemento

N.H.F: Nivel hidrostático después del cemento

N.H.M: Nivel hidrostático no medido

3.3.1 Corrida de tubería de revestimiento de 13 3/8"

El día 13 de julio de 1997 se corrieron 26 tramos de tubería de revestimiento de 13 3/8", en la cual se utilizaron 12 centralizadores, quedando ubicada la zapata a 351.66 m. El arreglo se puede observar en la tabla 3.3.3.

Tabla 3.3.3 Corrida de tubería de revestimiento de 13 3/8"

- Corrida de T.R. de 13 3/8" D.E. 54.5 lb/pie, K 55, Rosca Buttres.
- Profundidad de Zapata 351.66 m.
- Profundidad perforada 355.00 m.
- (*1) Profundidad a la cual se encuentra la unión entre tubos.

TRAMO No.	LONG. DE TRAMO (m)	LONG. ACUMULADA (m)	CENTRALIZADOR	CONEXION ENTRE TUBOS (*1) (m)
Zapata	00.59	0.59	C	351.07
1	13.03	13.62	C	338.04
Float collar	00.67	14.29	C	337.37
2	13.10	27.39	C	324.27
3	14.08	41.47	C	310.19
4	14.05	55.52		296.14
5	14.27	69.79		281.87
6	13.01	82.80	C	268.86
7	13.57	96.37		255.29
8	13.75	110.12	C	241.54
9	13.18	123.30		228.36
10	13.22	136.52		215.14
11	14.30	150.82	C	200.84
12	12.89	163.71		187.95
13	13.91	177.62		174.04
14	13.39	191.01	C	160.65
15	13.66	204.67		146.99
16	13.42	218.09		133.57
17	13.82	231.91	C	119.75
18	13.98	245.89		105.77
19	13.67	259.56		92.10
20	13.59	273.15	C	78.51
21	11.88	285.03		66.63
22	11.83	296.86		54.80
23	13.14	310.00		41.66

24	13.55	323.55	28.11
25	13.55	337.10	14.56
26	13.75	350.85	00.81

3.3.2 Cementación de tubería de revestimiento de 13 3/8".

Durante la perforación con barrena de 17 1/2" se presentaron pérdidas parciales de circulación desde los 47 m, originando la colocación de 12 tapones de cemento. No obstante, luego de perforar cemento del tapón del fondo a 349 m se tuvo pérdida total de circulación, que se recuperó con lodo de alta viscosidad(100 s/l). Al terminar de perforar el cemento a 355 m y proceder a la limpieza del agujero, nuevamente se produjo pérdida total de circulación que se restableció luego de 15 minutos de bombeo, y en estas condiciones se procedió a correr tubería de revestimiento de 13 3/8".

Cementación primaria

La cementación primaria de la tubería de revestimiento de 13 3/8" D.E., se realizó por el método Stab in, el 13 de julio de 1997. El volumen geométrico de lechada se calculó en 29 m³.

Para iniciar la operación se envió un volumen de 5.88 m³ de lechada, con una densidad de 1.42 kg/l, con el objeto de hacer un frente obturador. La composición de esta lechada fue:

- 100% Cemento clase A.
- 3% Bentonita.

Después de enviar el volumen espaciador se inició la cementación primaria, bombeándose en total 34.75 m³ de lechada, con densidad de 1.89 kg/l. Se produjo pérdida total de circulación luego de haber bombeado por stab-in 17 m³ de lechada, por lo que en ese momento se estimó la cima de cemento a 170 m de profundidad en el espacio anular. La composición de la lechada y el gasto de materiales fueron los siguientes:

- 100% Cemento clase G (807 sacos),
- 35% Harina sílica,
- 0.4% Reductor de fricción (CFR-2)

Al no obtener retorno de lechada a superficie, se procedió al desplazamiento del cemento contenido en la T.P., bombeando 19 bbl de agua (volumen teórico de desplazamiento 20 bbl).

Cementación complementaria.

Se efectuaron dos cementaciones complementarias con intervalo de 12 horas de fraguado entre una y otra.

La primera cementación complementaria se efectuó inmediatamente después de finalizar la operación primaria, de la forma siguiente:

- Se bombeó 50 bbl de agua para limpieza del espacio anular entre tuberías de 20" y 13 3/8" (volumen teórico hasta zapata de 13 3/8", 25 bbl).
- Luego se bombeó 27.5 m³ de lechada con densidad promedio de 1.89 kg/l, sin obtener retorno a superficie. Teóricamente este volumen representa el espacio anular desde superficie hasta zapata de 13 3/8".
- Se esperó 12 horas de fraguado.
- Materiales consumidos:

100% Cemento G (611 sacos),
35% Harina sílica

Para la segunda cementación complementaria se bombeó por espacio anular, 5.6 m³ de lechada con densidad promedio de 1.85 kg/l y caudal de 2 a 3 bbl/min. Con este volumen de lechada se obtuvo retorno de cemento franco a superficie. Con este resultado se estimó la cima de cemento de la primera cementación complementaria a 60 m.

Es importante hacer notar, que previo a la segunda cementación complementaria, se debe tirar en superficie el agua contenida en la línea de Halliburton, con el objetivo de bombear al pozo estrictamente lechada con la densidad requerida.

Materiales consumidos:

100% Cemento G (121 sacos),
35% Harina sílica

Se esperó fraguado de cemento por 18 horas, durante la espera se aflojaron los pernos de los BOP. Pasado el tiempo de fraguado se inicio el desmontaje del tubo de maniobra junto con la camisa de la TR de 13 3/8", tubo de rebalse, línea de flote, y los BOP. Posteriormente se enrosco el Casing Head, dejando las válvulas perpendiculares al eje de las gradas, luego se procedió a soldarlo al cuerpo de la TR de 13 3/8", a continuación se montaron los BOP y la línea de flujo de Air Drilling.

Paralelamente al apriete de pernos de los BOP, se quebraron un triple de DC de 11 1/4" y un triple de 9 1/2". Luego se realizó la prueba de BOP y Casing Head, aplicando 500 psi durante 15 min. con resultado positivo, quedando todo listo para iniciar la siguiente etapa.

3.4 Tercera etapa. Perforación con barrena de 12 ¼". Estrato perforado de 355 - 850 m.

Esta etapa inició el 16 de julio y terminó el 02 de agosto de 1997.

Se descendió sarta sin estabilizadores, detectándose tope a 336.5 m, a partir de este punto se comenzó la perforación de cemento hasta 355 m y formación hasta 366 m en condiciones normales de circulación de lodos, luego se recuperó herramienta para colocar dos estabilizadores a la sarta.

Se reviso la barrena y se le encontró en las siguientes condiciones T1UW-B5-I, por lo que se decidió cambiarla por una Hughes IADC 515. Se descendió sarta y se continuo con la perforación de formación de 366 a 381.8 m en condiciones normales de circulación de lodos, con 30,000 lbs. de peso sobre la barrena y un avance promedio de 2.6 m/h.

Continuo la perforación de formación de 381.8 a 400 m, se circulo por 30 minutos para luego tomar un registro de verticalidad con resultado de 1⁰. A continuación se recupero herramienta y se reviso la barrena, encontrándola en buenas condiciones.

A la profundidad de 400 m dio inicio el KOP por lo que se diseñó el arreglo de sarta con motor de fondo, se efectúo una prueba de funcionamiento del motor en la superficie con resultado positivo. Debido a las condiciones críticas de rotación a que estaría sometida la barrena se decidió colocar una nueva. Se descendió sarta hasta 399 m donde se tomó un registro de Single Shot dando una inclinación de 1.5⁰ y rumbo N77W, para orientar la cara de la herramienta e iniciar la perforación desde 400 con motor de fondo.

Continuo la perforación de formación de 406.2 a 476 m en condiciones normales de circulación de lodos, aplicando un peso sobre la barrena entre 10,000 y 15,000 lbs., con lo que se obtuvo un avance promedio de 3.6 m/h.

A los 427 y 446 m se dio pérdida total (16 y 34 metros cúbicos, respectivamente). En ambos casos la pérdida coincidió con la conexión de tubería de perforación y se logró obtener retorno con el envío de baches de lodo viscoso con cascarilla de café, antes de finalizar cada Kelly. Se continuo perforando formación con motor de fondo de 476 a 533 m en condiciones normales de circulación de lodos. Después de 22 horas de trabajo de la barrena se tomó la decisión de revisarla, se recuperó herramienta y la condición que presentaba la barrena eran: T0-B2-I, lo que significaba que podía seguir trabajando unas 10 ó 15 horas más, pero para aprovechar la recuperación de la herramienta se decidió cambiarla y colocar otra barrena nueva con las mismas características (Security, SS84, 515).

A los 512.6 m, al reanudar la perforación, se dio pérdida total (30 metros cúbicos), se obtuvo retorno con el envío nuevamente de un bache viscoso de lodo con cascarilla de café, enviándolo siempre medio metro antes de finalizar el Kelly.

Se continuó la perforación direccional con motor de fondo de 533 a 595 m en condiciones normales de circulación de lodos. A los 588 m se manifestó contrapresión en la línea de bombeo, elevándose ésta a 1000 psi, la contrapresión se mantenía por lo que se circuló por una hora, los avances de penetración disminuyeron de 12 m/h a 0.96 m/h, debido a que el estrato que se estaba perforando era andesita muy alterada con arcillas.

A la profundidad de 595 m se decidió recuperar herramienta, quitar el motor de fondo y bajar con sarta empacada, debido a que el anclaje de la tubería de revestimiento se efectuaría entre los 700 y 750 m. Al recuperar la herramienta se observó que ésta venía completamente embolada con arcilla, encontrando la barrena en buenas condiciones, pero fue sustituida por una Security, tipo MM44NG, IADC 215M, de dientes especial para la formación a perforar.

Durante el descenso de la herramienta se encontró alta resistencia en la zona del KOP (400 m), aún aplicando rotación y bombeo, por lo que se decidió utilizar el martillo hidráulico para facilitar el descenso. El resultado con el uso del martillo no fue satisfactorio y se eliminó de la sarta.

Se estabilizó agujero desde 388.63 a 407.53 m en circulación normal. Se descendió y se levantó sarta persistiendo el tope. Se volvió a dar una contrapresión en la línea de bombeo por lo que se recuperó sarta a superficie para revisión y desconexión de estabilizador. Luego se descendió sarta con motor de fondo encontrando tope a 575.5 m, se reperforó hasta 587 m donde se dio pérdida total de circulación, la cual se recuperó nuevamente con el envío de baches de lodo viscoso con cascarilla de café. Se reperforó entonces hasta los 595.5 m y se continuó la perforación de formación en circulación normal de 595.5 a 596.4 m, a este último valor de profundidad ocurre pérdida total de circulación la cual se restableció luego de enviar un bache de lodo viscoso y dejándolo reposar durante 30 minutos.

Se perforó formación en circulación normal de 596.4 a 606.5 m, profundidad a la cual ocurrió nuevamente pérdida total de circulación recuperándose luego de enviar lodo viscoso, se midió el nivel hidrostático a 127 m y se continuó la perforación en circulación normal de 606.5 a 621 m donde nuevamente se dio pérdida total de circulación, tratándose en la misma forma que las anteriores. Luego de restablecerse la circulación se perforó de 621 a 693.87 m. Se enviaron baches de lodo viscoso con cascarilla de café cada 4.5 m perforados.

Debido al poco avance registrado en los últimos metros se decidió sacar la herramienta a superficie para cambiar barrena, el estado de la barrena fue T4-B3-O¼, por lo que se cambió por una de insertos marca Security tipo SS84 usada.

Se presentó personal de explotación para realizar registro de temperatura con resultado negativo, debido a que la barra de peso sólo descendió hasta los 636 m. Se hizo un segundo intento de bajar con centralizador pero solo se llegó hasta 122 m, debido a la viscosidad del lodo (55 s/l).

Se descendió sarta sin motor de fondo y con tres estabilizadores, encontrando tope a 407 m. A los 422 m se dio pérdida total de circulación, la cual se trató con lodo viscoso con cascarilla de café. Luego se continuó con la estabilización de formación de 422 a 538.5 m en circulación normal de lodos.

Debido a fallas mecánicas en el malacate se recuperó la herramienta hasta la zapata de 13 3/8" (351 m), y se procedió a efectuar las reparaciones del mismo. Después de las reparaciones se descendió herramienta y se continuó estabilizando formación en circulación normal hasta 562 m, profundidad a la que se presentó pérdida total de circulación, la cual necesitó de ser tratada con baches de lodo viscoso con cascarilla de café. Al reiniciar la estabilización se presentó nuevamente falla mecánica, esta vez la cadena que transmite potencia entre el malacate y la mesa rotaria, por lo que también se recuperó la herramienta hasta la zapata y se procedió a efectuar el cambio de la cadena.

Luego de reparar cadena de potencia de mesa rotaria se descendió herramienta y se continuó estabilizando el agujero de 562 a 694 m en circulación normal de lodos. Debido al resultado en el registro de single shot tomado a 678 m se recuperó herramienta para modificar el arreglo de sarta. Se descendió herramienta y se perforó formación en circulación normal de lodo de 694 a 736.0 m, a esta profundidad se presentó pérdida parcial de circulación la cual fue controlada con baches de lodo viscosos con cascarilla de café. Se continuó perforando de 736 a 850 m en circulación normal, luego se circuló por una hora para limpieza del agujero y se procedió a recuperar herramienta, hasta la zapata de 13 3/8" para darle mantenimiento al Malacate por 4 horas, pero luego se recuperó herramienta hasta la superficie para realizar registros eléctricos por parte del personal de Shlumberger.

Efectuados los registro de Caliper, Gamma ray, Azimut, inclinación y temperatura, se continuo dándole mantenimiento al Malacate por 5 horas más, para luego iniciar el descenso de herramienta para el reconocimiento del pozo. A continuación se circuló para limpieza del agujero y se recuperó la herramienta hasta la superficie, encontrándose la barrena en las siguientes condiciones: T1UW-B3-O1/16.

Tabla 3.4.1 Resumen de pérdidas de circulación, Etapa III

No.	FECHA	ETAPA	PROF. (m)	TIPO	VOLUMEN DE PERDIDA (m ³ /h)	DURACIÓN (HORAS)
1	19/07/97	III	427.00	T	-	-
2	19/07/97	III	446.00	T	-	-
3	20/07/97	III	512.60	T	-	-
4	23/07/97	III	596.40	T	-	-
5	23/07/97	III	606.50	T	-	-
6	23/07/97	III	621.00	T	-	-
7	27/07/97	III	736.00	P	40	0.50
8	05/08/97	IV	1063.00	T	-	-
9	06/07/97	IV	1176.50	P	30	-

3.4.1 Corrida de tubería de revestimiento de 9 5/8"

El día 30 de julio de 1997, de las 8:00 a las 14:30 horas se corrieron 61 tramos de la tubería de revestimiento de 9 5/8" D.E, 36 lb/pie, K-55, rosca Buttress, empleando el programa de centralización proporcionado por Halliburton con 90% de Standoff, en el cual se utilizaron 38 centralizadores, cuatro de ellos positivos. La zapata quedó ubicada a la profundidad de 845.24 m. El arreglo de la tubería de revestimiento se observa en la tabla 3.4.2 .

Tabla 3.4.2 Corrida de tubería de revestimiento de 9 5/8"

- Corrida de T.R. de 9 5/8" D.E, 36.0 lb/pie, K 55, Rosca Buttres.
- Profundidad de Zapata 845.24 m.
- Profundidad perforada 850.00 m.
- (*1) Profundidad a la cual se encuentra la unión entre tubos.
- * T.R. de 40 lb/pie.

TRAMO No.	LONG. DE TRAMO (m)	LONG. ACUMULADA (m)	CENTRALIZADOR	CONEXION ENTRE TUBOS (*1) (m)
ZAPATA	00.53	00.53	C	844.71
1*	13.83	14.36	C	830.88
2*	13.76	28.12	C	817.12
FLOT COLLAR	00.66	28.78		816.46
3	14.04	42.82	C	802.42
4	14.07	56.89	C	788.35
5	13.99	70.88	C	774.36
6	14.11	84.99	C	760.25
7	13.86	98.84	C	746.40
8	14.33	113.17	C	732.07
9	13.67	126.84	C	718.40
10	14.23	141.07	C	704.17
11	13.85	154.92	C	690.32
12	13.95	168.87	C	676.37
13	14.06	182.93		662.31
14	13.80	196.73	C	648.51
15	14.28	211.01	C	634.23
16	13.82	224.83	C	620.41
17	13.62	238.45	C	606.79
18	14.23	252.68	C	592.56
19	14.28	266.96	C	578.28
20	13.97	280.93	C	564.31
21	14.22	295.15	C	550.09
22	13.39	308.54	C	536.70
23	14.31	322.85	C	522.39
24	14.32	337.17	C	508.07
25	13.75	350.92	C	494.32
26*	13.98	364.90	C	480.34
27*	13.96	378.86	C	466.38

28*	13.90	392.76	C	452.48
29*	13.48	406.24		439.00
30*	14.14	420.38	C	424.86
31*	13.48	433.86		411.38
32*	13.98	447.84	C	397.40
33	14.31	462.15		383.09
34	14.11	476.26	C	368.98
35	13.74	490.00		355.24
36	14.29	504.29		340.95
37	14.20	518.49	C+	326.75
38	13.97	532.46		312.78
39	13.29	545.85	C	299.39
40	13.95	559.80		285.44
41	13.80	573.60		271.64
42	13.96	587.56	C	257.68
43	13.88	601.44		243.80
44	14.16	615.60		229.64
45	13.71	629.31	C+	215.93
46	14.18	643.49		201.75
47	13.83	657.32		187.92
78	13.78	671.10		174.14
49	13.48	684.58	C	160.66
50	13.20	697.78		147.46
51	13.98	711.76		133.48
52	14.40	726.16	C+	119.08
53	14.31	740.47		104.77
54	13.85	754.32		90.92
55	14.21	768.53		76.71
56	14.10	782.63		62.61
57	13.43	796.06		49.18
58	13.68	809.74	C	35.50
59	14.34	824.08	C+	21.16
60*	14.16	838.24		07.00
61*	13.27	851.51		

3.4.2 Cementación de tubería de revestimiento de 9 5/8"

Cementación primaria

La cementación de la tubería de revestimiento de 9 5/8" se realizó por el método stab-in, el día 30 de julio de 1997. De acuerdo al registro BGT, se estimó un volumen geométrico real de lechada de 40.3 m³.

La operación se efectuó de la forma siguiente:

Como frente espaciador se bombeó 40 bbl de agua, seguido de 7 m³ de lechada con densidad de 1.60 kg/l.

Se continuó bombeando lechada con densidad promedio de 1.88 kg/l, caudal de 4.3 bbl/min y presión de 250 psi. Luego de haber bombeado 31 m³ de lechada se produjo pérdida total de circulación, no obstante se continuó el bombeo durante 15 minutos más, sin lograr restablecerla. En conclusión, la circulación se perdió antes de cumplir el bombeo del volumen geométrico real (40.3 m³), estimándose la cima de cemento a 300 m (50 m arriba de la zapata de 13 3/8"). En total se bombeó 38.2 m³ de lechada con un consumo de 700 sacos de cemento G.

Es importante visualizar, que aunque dicha cima de lechada se estimó a 300 m de profundidad, esta fue lavada del espacio anular entre tuberías para evitar que quedara un anillo de agua o cemento en dicho espacio luego de la cementación complementaria.

El diseño de lechada fue el siguiente:

100% Cemento G
35% Harina sílica
0.35% HR-12
0.95% Hallad 22A
0.4% CFR-2
0.15 gal/saco antiespumante NF-1

Cementación complementaria.

Se efectuaron dos cementaciones complementarias con intervalo de 12 horas de fraguado entre una y otra.

La primera cementación complementaria se realizó inmediatamente después de finalizar la operación primaria, de la forma siguiente:

- Se bombeó 100 bbl de agua para limpieza del espacio anular entre tuberías de 13 3/8" y 9 5/8" (volumen teórico hasta zapata de 13 3/8", 75 bbl).
- Luego se bombeó 30.4 m³ de lechada con densidad de 1.83 kg/l a un régimen de 4 bbl/min, sin lograr retorno a superficie. Teóricamente este volumen representa el espacio anular desde superficie hasta la zapata de 9 5/8".
- Se esperó fraguado durante 12 horas.
- Materiales consumidos:

•
100% Cemento G (658 sacos)
35% Harina sílica
0.3% Reductor de fricción CFR-2.

El objetivo de utilizar CFR-2 en esta operación, es para darle fluidez a la lechada y así disminuir el riesgo de taponamiento entre tuberías de revestimiento por la viscosidad que genere la mezcla. En el caso de producirse taponamiento, la lechada no llegaría hasta la cima de cemento de la operación primaria.

Para la segunda cementación complementaria se bombeó por espacio anular, 8.9 m³ de lechada con densidad promedio de 1.89 kg/l a un caudal de 2 bbl/min y presión de 50 psi, observando retorno de cemento a superficie. Con este resultado, se estimó que la cima de cemento de la primera complementaria se encontraba a 267 m.

Materiales consumidos:

100% Cemento G (200 sacos)
35% Harina sílica

Después de esta cementación complementaria se espero fraguado por 18 horas, durante este tiempo se aflojaron los pernos de los BOP. Luego de cumplida la espera de fraguado se levantaron BOP para desenroscar carrete adaptador. Para poder retirar BOP, se cortó Casing de 9 5/8" a 10" del Casing Head, luego se realizo el montaje del carrete de expansión, terminando con el montaje de los BOP. Después se quebraron y bajaron los Drill Collar de 8".

3.5 Cuarta etapa. Perforación con barrena de 8 1/2". Estrato perforado de 850 a 1608 m.

Esta etapa se inició el 02 de agosto y finalizó el 17 de agosto de 1997.

Se descendió sarta sin estabilizadores para perforar collar flotador, cemento en el interior del Casing y la zapata. A los 700 m se detectó resistencia en el descenso por lo que se conectó Kelly para bajar rotando. Se realizó prueba a BOP a 600 psi, por media hora con resultado positivo.

A partir de los 700 m hasta los 817 se descendió con rotación y bombeo, luego se perforó el collar flotador, cemento en el interior de la tubería de revestimiento hasta 838 m, posteriormente se realizó la prueba de presión a la tubería de revestimiento por 30 minutos a una presión de 780 psi, con resultado positivo. Luego continuó la perforación hasta 847 m, se circulo por una hora hasta limpiar completamente el agujero, para poder correr registro de CBL.

Después de haber recuperado la herramienta a superficie, el personal de Schlumberger inicio los preparativos para toma de registro. A los 407 m de profundidad la sonda ya no pudo bajar por lo que se recuperó para revisarla y verificar la razón por la que no bajaba, en la superficie se modificó el arreglo de los centralizadores y se quitaron dos de ellos. Se intentó bajar nuevamente, pero a los 7 m la sonda ya no pudo bajar, por lo que se recuperó y se redujo el diámetro de los centralizadores. Se descendió sin problemas, tardándose en el registro 2 horas. Los resultados del CBL muestran... **PENDIENTE.**

Luego que Schlumberger terminó sus actividades se descendió sarta empacada con barrena de 8 ½" hasta 847 m para continuar perforando cemento hasta 850 m y formación hasta 962.30 m en condiciones normales de circulación de lodos, a esta profundidad se recuperó herramienta a la superficie para que personal de Explotación CEL efectuara registro estático de temperatura, actividad que duro 4.50 horas. Posteriormente se descendió herramienta hasta 962 m para continuar perforando, a esta profundidad se cambió el lodo por agua como fluido de perforación y se perforó hasta 980 m.

A continuación se presenta un cuadro que muestra los resultados del rumbo, inclinación y la profundidad a la que fueron tomadas, la profundidad vertical (TVD), las coordenadas rectangulares y la severidad de pata de perro de los Single Shot tomados en las tercera y cuarta etapas.

Tabla 3.5.1 Resultados de los registros de single shot

No.	M.D. (m)	Incl. (grados)	Rumbo (grados)	TVD (m)	L.de C. (m)	Desp. (m)	Coord. Rect. (m)	DPS
1	379	1.50	N77W	378.96	379.00	-1.03	1.12N 4.83W	0.12
2	400	1.63	N28W	399.95	21.00	-0.91	1.14N 5.24W	1.86
3	408	2.25	N28W	407.95	8.00	-0.75	1.68N 5.37W	2.33
4	446	3.75	N31E	445.90	38.00	0.94	3.40N 5.08W	2.55
5	484	7.75	N21E	483.70	38.00	4.73	6.86N 3.52W	3.24
6	512	10.75	N30E	511.34	28.00	9.22	10.89N 1.54W	3.56
7	560	15.00	N45E	558.13	48.00	19.52	19.16N 5.10E	3.36
8	590	16.50	N37E	587.01	30.00	27.34	25.31N 10.41E	2.64
9	629	21.75	N35E	623.84	39.00	39.88	35.66N 17.89E	4.07
10	657	20.00	N23E	650.02	28.00	49.78	44.32N 22.74E	4.94
11	678	17.50	N21E	669.90	21.00	56.52	50.58N 25.28E	3.69
12	703	15.00	N24E	693.90	25.00	63.51	57.04N 27.94E	3.16
13	732	16.50	N25E	721.81	29.00	71.38	64.21N 31.21E	1.58
14	778	17.00	N25E	765.86	46.00	84.64	76.22N 36.81E	0.33
15	807	16.00	N24E	793.66	29.00	92.87	83.71N 40.23E	1.08
16	836	17.00	N24E	721.47	29.00	101.11	91.24N 43.58E	1.03
17	845	17.29	N24E	830.07	9.00	103.76	93.66N 44.66E	1.00
18	850	17.45	N24E	834.84	5.00	105.25	95.02N 45.27E	0.99
19	875	18.25	N25E	858.64	25.00	112.91	101.98N 48.48E	0.99
20	905	18.25	N25E	887.13	30.00	122.31	110.50N 52.45E	0.00
21	951	19.50	N24E	930.65	46.00	137.19	124.04N 58.61E	0.84
22	998	21.00	N25E	974.75	47.00	153.45	138.84N 65.36E	0.98
23	1039	22.00	N27E	1012.90	41.00	168.48	152.34N 71.95E	0.91
24	1067	23.25	N27E	1038.74	28.00	176.24	161.94N 76.84E	1.34
25	1121	24.00	N28E	1088.21	54.00	200.76	181.13N 86.84E	0.47
26	1161	25.00	N28E	1124.61	40.00	217.42	195.78N 94.63E	0.75
27	1208	25.75	N26E	1167.08	47.00	237.55	213.72N 103.77E	0.73
28	1265	26.25	N26E	1218.31	57.00	262.53	236.18N 114.72E	0.26
29	1294	27.50	N26E	1244.18	29.00	275.64	247.96N 120.47E	1.29
30	1322	29.00	N26E	1268.84	28.00	288.89	259.87N 126.27E	1.61
31	1350	30.25	N26E	1293.18	28.00	302.73	272.31N 132.34E	1.34

32	1379	31.00	N26E	1318.13	29.00	317.50	285.59N	138.82E	0.78
33	1407	31.00	N26E	1342.14	28.00	331.92	298.55N	145.14E	0.00
34	1434	31.00	N28E	1365.28	27.00	345.82	310.94N	151.45E	1.14
35	1463	32.00	N27E	1390.01	29.00	360.95	324.38N	158.45E	1.17
36	1491	32.50	N26E	1413.69	28.00	375.89	337.75N	165.11E	0.78
37	1549	33.00	N26E	1462.47	58.00	407.26	365.96N	178.87E	0.26
38	1580	29.50	N26E	1488.96	31.00	423.34	380.41N	185.92E	3.29

Donde:

M.D. : Profundidad medida (m)

Incl.: Inclinación (grados)

TVD: Profundidad vertical (m)

L. de C.: Longitud de curso (m)

Desp.: Desplazamiento horizontal (m)

Coord. Rect.: Coordenadas rectangulares (m)

DLS: Severidad de pata de perro (grados/30 m)

A la profundidad de 980 m Air Drilling instaló el empaque del Rotaring Head e inició la perforación con agua aereada hasta 1063.0 m. A los 1009 m se suspendió el aire para evaluar si existía pérdida, perforando únicamente con agua, pero fue imposible efectuarla ya que el agua se derramaba por la temblorina en una cantidad considerable. A los 1063 m se comenzaron a detectar pérdidas de circulación, se perforó de esta forma hasta los 1076 m. Para poder evaluar la pérdida se circuló inicialmente con agua-aire y posteriormente solo con agua, generándose entonces la pérdida total de circulación.

Se continuó perforando con agua aereada hasta 1175.5 m donde se procedió a recuperar la herramienta, se revisó el estado de la barrena cuyo resultado fue nueve insertos perdidos. Debido a la pérdida de los insertos se decidió bajar la canasta chatarrera para su respectiva pesca. Se recuperó la canasta chatarrera a superficie y se encontró 2 insertos de la barrena y varios segmentos metálicos que no pertenecen a la barrena.

Posterior a la pesca se inició el descenso de la herramienta con la corona, para el corte del testigo de 1176.5 a 1182.5 m. Luego del corte se recuperó herramienta con sacatestigo a la superficie, recuperándose el 65% de la muestra.

Se realizó una prueba de hidrofracturamiento, bombeándose gradualmente hasta llegar a los 35 l/s a 150 psi con los BOP cerrados. Se descendió herramienta para continuar perforando formación con agua aereada de 1176.5 hasta 1285 m, luego se recuperó herramienta hasta la zapata y se procedió a realizar otra prueba de hidrofracturamiento, la cual se efectuó realizando incrementos graduales al régimen de bombeo hasta alcanzar los 50 l/s. Posterior a la prueba se bombeó agua con los BOP abiertos a un régimen de 42 l/s durante 20 minutos sin obtener retorno de circulación.

Se continuó perforando con agua aereada de 1285 hasta 1426.50 m, luego se suspendió el suministro de aire perforando solamente con agua en pérdida total hasta 1561.11 m, a esta profundidad se circuló y se recupero la herramienta.

Después de haber recuperado la herramienta a superficie se revisó la barrena encontrándola con dientes quebrados y uno de los conos sin baleros, clasificación T3LT-B6-O1/2. Por tal motivo se decidió bajar la canasta chatarrera para pesca de dientes y rodamientos. Debido a fallas mecánicas en el sistema neumático del malacate se recuperó la herramienta hasta la zapata y se procedió a la reparación, luego se continuó con el descenso de la herramienta para pesca (canasta chatarrera) hasta tocar fondo, circulando y perforando lentamente para recuperar el pescado. Al recuperar la herramienta a superficie se encontró lo siguiente: 16 rodamientos de rodillos, 13 bolas de baleros y 10 fragmentos de insertos.

Se descendió herramienta con corona para corte de testigo, el cual fue cortado de 1561.31 a 1567.31 m, recuperandose únicamente 70 cm (12% del total).

Posteriormente personal de Explotación CEL realizó reconocimiento del agujero, tomando nivel hidrostático a 449 m y registro dinámico de temperatura a 30 l/s, detectando a 1550 una temperatura de 143 grados centígrados. Registro de inyectividad a 1450 m con caudales de 9, 25, 35, 45 y 9 l/s, encontrando a esta profundidad una temperatura de 143 grados centígrados.

Después de recuperar sonda de explotación, se descendió sarta con barrena nueva marca Security, sin toberas, tipo S84, se instaló un jet-sub a la sarta a una profundidad de 650 m de la rotaria para alivianar la columna a partir de este punto y lograr el retorno de circulación.

Durante el descenso a 1100 m se encontró tope por lo que se repasó un tubo y luego se continuó en descenso libre hasta 1560 m, luego Air Drilling instaló empaque a Rotating Head y comenzó la perforación con agua aereada desde 1561 a 1608 m, a mitad y al final de cada Kelly se estuvieron mandando baches de lodo viscoso a base de polímero orgánico CMC para ayudar a levantar los recortes, ya que con la utilización del aire se obtuvo retornos intermitentes.

A la profundidad de 1608 m se dio un atrape de la herramienta, la cual se logró soltar luego de 12 horas de maniobras, enviando baches de lodo viscoso con aire a 3200 CFM y tensionando la sarta hasta 350,000 lbs, posteriormente se recuperó herramienta hasta la zapata de 9 5/8" (845 m) para reconocimiento del agujero. Durante el descenso se detectó resistencia a los 1345 m, por lo que a partir de este punto se comenzó a estabilizar hasta 1604 m, rotando Kelly, con bombeo de agua aereada, y mandando baches de polímero CMC de 3 metros cúbicos al final de cada Kelly. A los 1603 m la presión se elevó hasta 1500 psi, se disparó el sistema de seguridad de las bombas triplex y hubo indicios de atrape, por lo que se efectuaron reconocimientos cortos y circulación para limpiar el agujero lo más posible. De 1600 en adelante el reconocimiento se llevó con poco peso y muy despacio, a los 1604 m nuevamente se dio el mismo problema de elevación de la presión, por lo que se trató de levantar la sarta aplicando una tensión de 250,000 lbs. con resultado negativo, se envió un bache de lignito con lo que se logró soltar.

Se recuperó herramienta hasta la zapata (845 m) e inició nuevamente el reconocimiento, encontrando resistencia a los 1568 m por lo que a partir de este punto se descendió con

rotación y bombeo hasta 1599.75 m, en ese punto aumentó la resistencia al descenso, y cuando se quiso levantar, también había resistencia por lo que a esa profundidad se dejó el pozo.

Luego de haber llegado reconociendo el agujero a los 1600 m se circuló por una hora, se volvió a efectuar un reconocimiento corto de diez triples, ya al fondo se encontró tope a los 1596 m los que se reperforaron hasta 1600 m, se circuló por hora y 30 minutos para finalmente proceder a recuperar la herramienta hasta la superficie.

Se llamó a explotación CEL para tomar registro estático de temperatura y así evaluar si era factible bajar el equipo de medición de Schlumberger. Debido a que la temperatura en el fondo no era lo suficientemente alta como para afectar el equipo electrónico se pudo tomar el registro caliper (desviación y rumbo). En base a los resultados del registro se procedió a los preparativos para correr el Liner de 7".

3.5.1 Corrida de Liner de 7" DE.

La corrida del Liner de 7" se llevó a cabo el 16 de agosto de 1997, los 58 tramos del Liner junto con el colgador, se corrieron en 3.75 horas, quedando el colgarlo a 808.34 m y la punta de éste a 1589 m, durante el descenso no se observó resistencia alguna.

Luego de colgado el Liner se recuperó la tubería de perforación de 5". Durante el ascenso se tuvo que conectar la Kelly para bombear agua debido a que se estaban presentando leves manifestaciones de reventón, después de la recuperación comenzó con el desmontaje de los B.O.P e instalación de la válvula maestra.

Tabla 3.5.2 Corrida de Liner de 7"

- Corrida de Liner de 7" DE., 26 lb/pie, rosca Hydril.
- Profundidad de zapata 1389 m.
- (*) Profundidad a la que se encuentra la unión entre tubos.
- * Liner ciegos.

TRAMO No.	LONGITUD DE TRAMO (m)	LONGITUD ACUMULADA (m)	CONEXION ENTRE TUBOS (*1) (m)
ZAPATA	00.66	00.66	1588.34
1	13.27	13.93	1575.07
2	13.64	27.57	1561.43
3	13.94	41.51	1547.49
4	13.95	55.46	1533.54
5	13.23	68.69	1520.31
6	13.69	82.38	1506.62
7	13.12	95.50	1493.50
8	13.90	109.40	1479.60
9	13.17	122.57	1466.43
10	13.35	135.92	1453.08

11	13.75	149.67	1439.33
12	13.38	163.05	1425.95
13	13.46	176.51	1412.49
14	13.19	189.70	1399.30
15	13.33	203.03	1385.97
16	13.45	216.48	1372.52
17	13.42	229.90	1359.10
18	13.44	243.34	1345.66
19	13.42	256.76	1332.24
20	13.64	270.40	1318.60
21	13.15	283.55	1305.45
22	13.60	297.15	1291.85
23	13.87	311.02	1277.98
24	13.68	324.70	1264.30
25	13.73	338.43	1250.57
26	13.73	352.16	1236.84
27	13.61	365.77	1223.23
28	13.89	379.66	1209.34
29	13.12	392.78	1196.22
30	13.28	406.06	1182.94
31	13.10	419.16	1169.84
32	13.09	432.25	1156.75
33	13.54	445.79	1143.21
34	13.45	459.24	1129.76
35	13.16	472.40	1116.60
36	13.69	486.09	1102.91
37	13.40	499.49	1089.51
38	13.84	513.33	1075.67
39	13.32	526.65	1062.35
40	13.31	539.96	1049.04
41	13.69	553.65	1035.35
42	13.88	567.53	1021.47
43	13.38	580.91	1008.09
44	13.69	594.60	994.40
45	13.62	608.22	980.78
46	13.17	621.39	967.61
47	13.94	635.33	953.67
48	13.72	649.05	939.95
49	13.33	662.38	926.62
50	13.50	675.88	913.12
51	13.50	689.38	899.62
52	13.60	702.98	886.02
53*	12.94	715.92	873.08
54*	12.43	728.35	860.65
55*	12.77	741.12	847.88
56*	13.01	754.13	834.87
57*	12.84	766.97	822.03
58*	12.89	779.86	809.14
Colgador	0.80	780.66	808.34

3.6 Inducción del pozo.

Se desmontaron los BOP y posteriormente se procedió con la instalación de la válvula maestra. A partir de este momento se comenzó con los preparativos para realizar la inducción del pozo. Estos preparativos incluyeron la instalación de accesorio en T para conectar línea de descarga, silenciador, vertedero y tanque de recolección. Se ubicaron tomas para la conexión de medidores de presión y se procedió a realizar el anclaje de la línea y la estructura.

Finalizada la instalación se cerró la válvula maestra, se conectó el kelly y se bombeó aire a 175 psi, esto con el fin de detectar fugas. Se descendió tubería franca de 3 1/2" hasta alcanzar una profundidad de 794.48 m y la medición del nivel hidrostático fue de 432.5 m, iniciándose entonces la inyección de aire.

Se descendió más tubería franca hasta una profundidad de 1233 m. Antes de continuar con las pruebas de inducción, personal de mediciones del departamento de Explotación se presentaron a realizar registro de Presión y Temperatura. Finalizando el registro se continuó con la inducción. En los anexos _____ se presentan las tablas con los datos de la inducción del pozo. La inducción del pozo duro 5 días.

Finalizada las operaciones de inducción al pozo se procedió al desmontaje de la estructura utilizada durante el desarrollo de estas (línea de descarga, silenciadores, vertedero, tanque de agua, etc.).

3.7 Prueba de hidrofracturamiento.

Se realizaron según el régimen que se detalla a continuación:

- a) Se bombeó 5 l/s por el espacio anular durante una hora.
- b) Se bombeó 10 l/s por el espacio anular durante una hora.
- c) Se bombeó 57 l/s por el espacio anular e interior de la TP por una hora.
- d) Se bombeó un régimen de 57 l/s por el interior de la TP por 3 horas.

Se dio un tiempo de espera para recuperar niveles de agua en los tanques. Luego personal de mediciones del departamento de Explotación se presentaron a realizar un registro dinámico de temperatura y pruebas de inyectividad para lo cual realizaron inicialmente un viaje de reconocimiento, pero debido a la dificultad en la recuperación del elemento se opto por recuperar primero la TP de 3 1/2" antes de hacer el registro.

Se realizó entonces el quebrado de la tubería de perforación de 3 1/2" (1233 m) y su desalojo de la planchada.

Finalizado el quebrado se presentó nuevamente el personal de mediciones a realizar los registros, inicialmente se tomó el nivel hidrostático con un resultado de 536 m.

Se descendió la sonda y se procedió a realizar el registro dinámico de temperatura, siendo necesario un bombeo de 30 l/s.

A partir de los datos obtenidos del registro dinámico de temperatura se procedió a realizar las pruebas de inyectividad a 1400 m utilizando los caudales siguientes:

- a) 30 minutos con un régimen de bombeo de 9 l/s
- b) Se incrementó el bombeo a 25 l/s durante 1.0 hora
- c) Nuevamente se incremento el bombeo a 35 l/s por 1.0 hora.
- d) el máximo caudal bombeado fue de 45 l/s por 1.0 hora
- e) se dio la estabilización de la prueba con un bombeo de 9.0 l/s

Finalizado los registro anteriores se procedió a realizar el quebrado inicialmente de las barras de peso y de la tubería de perforación de 5".

A las 17:30 horas del día 25 de Agosto se terminó de quebrar la tubería de perforación con lo que se dio por finalizado las operaciones de perforación del pozo AH-33A.

SARTAS DE PERFORACION UTILIZADAS POR ETAPAS

4.1. Primera etapa (agujero de 26")

Arreglo de sarta		Tipo de rosca
Barrena	26"	7 ⁵ / ₈ Reg.
Porta Barrena		7 ⁵ / ₈ Reg.
Estabilizador	26"	7 ⁵ / ₈ Reg.
1 barra de peso	11¼"	7 ⁵ / ₈ Reg.
Estabilizador	26"	7 ⁵ / ₈ Reg.
2 barras de peso	11¼"	7 ⁵ / ₈ Reg.
Reductor		7 ⁵ / ₈ Reg.x 4½ IF

4.2. Segunda etapa (agujero de 17½")

Arreglo de sarta		Tipo de rosca
Barrena	17½"	7 ⁵ / ₈ Reg.
Porta Barrena estabilizador	17½"	7 ⁵ / ₈ Reg.
1 barra de peso	11¼"	7 ⁵ / ₈ Reg.
Estabilizador	17½"	7 ⁵ / ₈ Reg.
2 barras de peso	11¼"	7 ⁵ / ₈ Reg.
3 barras de peso	9½"	7 ⁵ / ₈ Reg.
Reductor		7 ⁵ / ₈ Reg.x 6 ⁵ / ₈ Reg
6 barras de peso	8"	6 ⁵ / ₈ Reg
Reductor		6 ⁵ / ₈ Reg.x 4½ IF
tubería de perforación	5"	4½ IF

4.3. Tercera etapa (agujero de 12¼")

Sección vertical

Arreglo de sarta		Tipo de rosca
Barrena	12¼"	6 ⁵ / ₈ Reg
Porta Barrena estabilizador	12¼"	6 ⁵ / ₈ Reg
1 barra de peso	8"	6 ⁵ / ₈ Reg
Estabilizador	12¼"	6 ⁵ / ₈ Reg
14 barras de peso	8"	6 ⁵ / ₈ Reg
Reductor		6 ⁵ / ₈ Reg x 4½ IF
tubería de perforación	5"	4½ IF

Sección desviada (sarta con motor de fondo)

Arreglo de sarta		Tipo de rosca
Barrena	12¼"	6 ⁵ / ₈ Reg
Motor de fondo	7 ³ / ₄ "	6 ⁵ / ₈ Reg
Bent sub	8"	6 ⁵ / ₈ Reg
Adaptador doble caja		6 ⁵ / ₈ Reg
Adaptador doble pin		6 ⁵ / ₈ Reg
Orienting sub		6 ⁵ / ₈ Reg
1 barra de peso antimagnética	8"	6 ⁵ / ₈ Reg
3 barras de peso	8"	6 ⁵ / ₈ Reg
Reductor		6 ⁵ / ₈ Reg x 4½ IF
14 HWTP	5"	4½ IF
tubería de perforación	5"	4½ IF

Sección desviada (Sarta empacada)

Arreglo de sarta		Tipo de rosca
Barrena	12¼"	6 ⁵ / ₈ Reg
Porta barrena estabilizador	12¼"	6 ⁵ / ₈ Reg
1 barra de peso antimagnética	8"	6 ⁵ / ₈ Reg
5 barras de peso	8"	6 ⁵ / ₈ Reg
Reductor		6 ⁵ / ₈ Reg x 4½ IF
14 HWTP	5"	4½ IF
tubería de perforación	5"	4½ IF

4.4. Cuarta etapa (agujero de 8½")

Sección desviada (Sarta empacada)

Arreglo de sarta

Tipo de rosca

Barrena	8½"	4½ Reg.
Porta barrena estabilizador	8½"	4½ Reg.
1 barra de peso antimagnética	6½"	4½ Reg.
Reductor		4½ Reg.x 4 IF
12 barras de peso	6¼"	4 IF
Reductor		4 IF x4½ IF
14 HWTP	5"	4½ IF
tubería de perforación	5"	4½ IF

5. COSTOS DEL POZO

6. CONCLUSIONES

DÍA 18/08/97

HORA	CFM	PRESION (PSI)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (l/s)
11:00	700	300	40	5.0
12:00	1200	350	50	16.0
13:00	1200	300	55	9.0
14:00	1200	275	61	10.0
15:00	1200	275	70	9.0
16:00	1200	260	73	8.0
17:00	1200	260	75	9.0
18:00	1200	260	77	9.0
19:00	1400	250	77	9.0
20:00	1400	250	78	9.0
21:00	1400	220	78	9.0
22:00	1400	220	79	8.0
23:00	1400	220	80	8.0
24:00	1400	232	80	8.0

DÍA 19/08/97

HORA	CFM	PRESION (PSI)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (l/s)
01:00	1400	220	80	8.0
02:00	1400	225	81	8.0
03:00	1400	220	81	8.0
04:00	1400	210	81	8.5
05:00	1400	200	82	8.5

HORA	CFM	PRESION (PSI)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (l/s)
19:00	1000	400	89	16.0
20:00	1000	520	88	15.0
21:00	1000	400	90	16.0
22:00	1000	400	89	14.0
23:00	1000	440	89	14.0
24:00	1000	440	90	14.0

DÍA 20/08/97

HORA	CFM	PRESION (PSI)	TEMPERATURA A (°C)	CAUDAL (l/s)
01:00	1000	430	90	14.0
02:00	1000	420	90	14.0
03:00	1000	410	90	14.0
04:00	1000	400	90	14.0
05:00	1000	400	90	14.0
06:00	1000	400	91	14.0
07:00	1000	400	91	14.0
08:00	1200	400	91	14.0
09:00	1200	400	91	14.0
10:00	1200	375	91	14.0
11:00	1200	375	91	14.0
12:00	1400	375	91	14.0
13:00	1400	360	91	14.0

14:00	1400	370	91	14.0
15:00	1400	370	91	14.0
16:00	1400	370	92	14.0
17:00	1400	370	92	14.0
18:00	1400	400	92	14.0
19:00	1400	400	92	14.0
20:00	1400	400	91	14.0
21:00	1400	400	91	14.0
22:00	1400	400	91	14.0
23:00	1400	400	91	14.0
24:00	1400	400	91	14.0

DÍA 21/08/97

HORA	CFM	PRESION (PSI)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (l/s)
01:00	1400	400	92	14.0
02:00	1400	400	91	14.0
03:00	1400	400	91	14.0
04:00	1400	400	91	14.0
05:00	1400	400	91	14.0
06:00	1400	400	92	14.0
07:00	1400	400	92	14.0
08:00	1400	400	92	14.0
09:00	1400	360	91	14.0
10:00	1300	375	92	13.0
11:00	1300	375	93	13.0
12:00	1200	375	93	13.0
13:00	1200	375	93	13.0
14:00	1100	360	93	13.0
15:00	1100	360	94	13.0
16:00	1400	400	93	13.0
17:00	1400	400	93	13.0
18:00	1400	400	93	13.0
19:00	1400	400	93	13.0
20:00	1400	400	93	13.0
21:00	1400	400	93	13.0
22:00	1400	400	93	13.0
23:00	1400	400	93	13.0
24:00	1400	400	93	13.0

DÍA 22/08/97

HORA	CFM	PRESION (PSI)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (l/s)
01:00	1400	400	93	13.0
02:00	1400	400	93	13.0
03:00	1400	400	93	13.0
04:00	1400	400	93	13.0
05:00	1400	400	93	13.0
06:00	1400	400	93	13.0
07:00	1400	355	93	13.0
08:00	1400	320	93	13.0
09:00	1400	320	93	13.0
10:00	1300	320	93	13.0
11:00	1300	320	93	13.0
12:00	1200	320	93	13.0
13:00	1200	320	93	13.0
14:00	1100	320	93	13.0
15:00	1100	320	93	13.0
16:00	1400	320	93	13.0
17:00	1400	320	93	13.0
18:00	1400	400	93	13.0
19:00	1400	400	93	13.0
20:00	1400	400	93	13.0
21:00	1400	400	93	13.0
22:00	1400	320	93	13.0
23:00	1400	320	93	13.0
24:00	1400	320	93	13.0

DÍA 23/08/97

HORA	CFM	PRESION (PSI)	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL (l/s)
01:00	1400	320	93	13.0
02:00	1400	320	93	13.0
03:00	1400	320	93	13.0
04:00	1400	320	93	13.0
05:00	1400	320	93	13.0

06:00	1400	320	93	13.0
07:00	1400	320	93	13.0
08:00	1400	320	93	13.0
09:00	1400	320	93	13.0
10:00	1300	320	94	12.0
11:00	1300	320	94	12.0
12:00	1200	320	94	12.0
13:00	1200	320	94	12.0
14:00	1100	320	93	12.0
15:00	1100	320	93	12.0
16:00	1400	320	93	12.0
17:00	1400	320	93	12.0
18:00	1400	320	95	12.0
19:00	800	320	95	13.0
20:00	800	320	95	13.0
21:00	800	320	95	13.0
22:00	800	320	95	13.0
23:00	800	320	95	13.0

7. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro resumen de los parámetros de perforación

Anexo 2. Cuadro de barrenas utilizadas durante la perforación

Anexo 3. Registros de verticalidad

REGISTROS DE VERTICALIDAD.

No.	ETAPA	PROFUNDIDAD (m)	DESVIACION (grados)
1	II	99.00	1.00
2	II	185.97	1.25
3	II	281.59	1.25
4	II	355.00	1.50
5	III	400.00	1.00

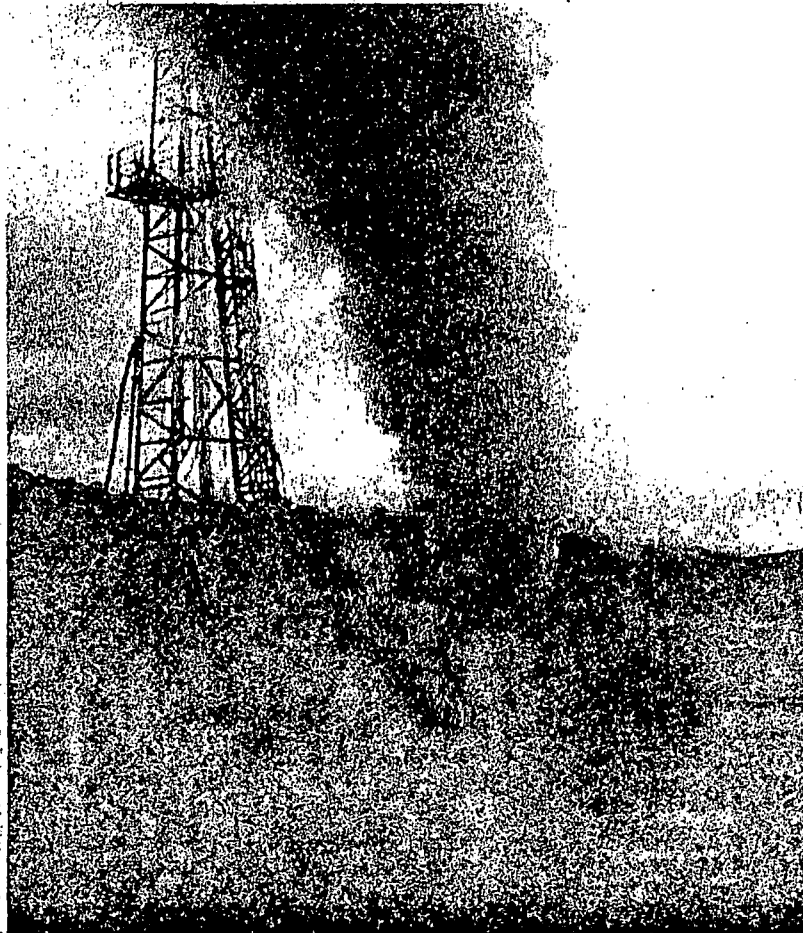


GERENCIA DE RECURSOS GEOTÉRMICOS
SUPERINTENDENCIA DE PERFORACION Y MANTENIMIENTO DE POZOS
PROYECTO ESTABILIZACION CAMPO GEOTERMICO DE AHUACHAPAN

INFORME FINAL DEL POZO

AH-34A

Perforación Ahuachapán

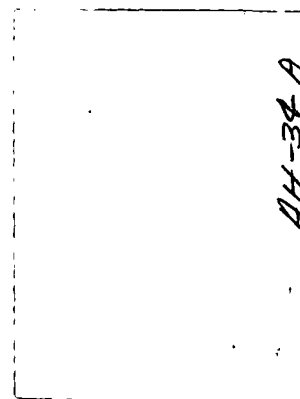


OCTUBRE DE 1997

**COMISION EJECUTIVA HIDROELÉCTRICA
DEL RIO LEMPA
(CEL)**

CAMPO GEOTÉRMICO DE AHUACHAPÁN

**POZO AH-34 A
INFORME FINAL**



GERENCIA DE RECURSOS GEOTERMICOS

**SUPERINTENDENCIA DE PERFORACION
Y MANTENIMIENTO DE POZOS
GEOTERMICOS**

**DEPARTAMENTO DE PERFORACION
AHUACHAPAN**

OCTUBRE DE 1997

INDICE

1. INTRODUCCION	
1.1. Antecedentes	1
2. IDENTIFICACION DEL POZO	1
2.1. Objetivo de la perforación	1
2.2. Ubicación geográfica	1
2.3. Datos generales	2
2.4. Equipos utilizados	2
2.4.1. Equipo de perforación	2
2.4.2. Equipo de aire	2
2.4.3. Equipo de cementación	4
3. DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES DE PERFORACION	4
3.1. Traslado y montaje del equipo de perforación	4
3.2. Primera etapa. Perforación con barrena de 26"	5
3.2.1. Corrida de tubería de revestimiento de 20"	6
3.2.2. Fluidos de perforación, etapa I	7
3.2.3. Cementación de tubería de revestimiento de 20"	7
3.3. Segunda etapa. Perforación con barrena de 17 ½"	8
3.3.1. Corrida de tubería de revestimiento de 13 ¾"	9
3.3.2. Fluidos de perforación, etapa II	9
3.3.3. Cementación de tubería de revestimiento de 13 ¾"	11

3.4. Tercera etapa. Perforación con barrena de 12 ¼"	12
3.4.1. Corrida de tubería de revestimiento de 9 5/8"	16
3.4.2. Fluidos de perforación, etapa III	16
3.4.3. Cementación de tubería de revestimiento de 9 5/8"	18
3.5. Cuarta etapa. Perforación con barrena de 8½"	20
3.5.1. Corrida de Liner de 7"	23
3.6. Estimulación del pozo	24
4. SARTAS DE PERFORACION UTILIZADAS POR ETAPAS	26
4.1. Primera etapa	26
4.2. Segunda etapa	27
4.3. Tercera etapa	27
4.4. Cuarta etapa	27
5. COSTOS DEL POZO	
6. CONCLUSIONES	
7. ANEXOS I	
Anexo 1. Cuadros resumen de los parámetros de perforación	
Anexo 2. Cuadro de barrenas utilizadas en perforación	
Anexo 3. Registros de verticalidad	
Anexo 4. Cuadro de propiedades físico-químicos del fluido de perforación	
Anexo 5. Cuadro de tapones de cemento	

Anexo 6. Cuadro de Inducción del pozo

Anexo 7 Perfil técnico del pozo

Anexo 8. Curva de avance de perforación

Anexo 9. Arreglo de cabezal del pozo

8. REGISTROS ELECTRICOS DE CALIPER Y GAMMA RAY

9. INFORME GEOLOGICO FINAL

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

La perforación del pozo AH-34 A está enmarcada dentro de la fase I del proyecto “Estabilización y rehabilitación del campo geotérmico de Ahuachapán”, financiado por fondos otorgados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y por la comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL).

Los servicios de perforación, suministro de materiales, accesorios y obras civiles asociadas, fueron sometidos a licitación (CEL - 1483), siendo adjudicados a la empresa FORASAL-FORAKY S.A. de C.V. a través del contrato CEL 2793.

El pozo AH-34 A es el segundo de los tres pozos contemplados para la plataforma AH-34, dos de ellos para la primera fase y último para la segunda.

Inicialmente este pozo fue programado para perforarse en cuatro etapas, la primera de ellas con barrena de 26” y una profundidad de 30 a 40 m, con la finalidad de prolongar el tubo conductor y evitar daños en la formación cercana a la superficie. La segunda etapa con barrena de 17½” y profundidad de 360 m, la tercera con barrena de 12¼” y una profundidad programada entre 900 y 950 m, finalmente la última etapa con barrena de 8½” y una profundidad de 1400 a 1650 m. Las primeras tres etapas serán perforadas con lodo y la cuarta con agua aereada como fluido de perforación para proteger la zona del reservorio.

2. IDENTIFICACIÓN DEL POZO

2.1 Objetivo de la perforación

El pozo direccional AH-34 A, será perforado en la parte sudoeste del campo, con el propósito de incrementar la disponibilidad de vapor con la que actualmente cuenta la central geotérmica y evaluar el sector sur-suroeste de la actual zona de producción. En vista de que se espera que éste sea un pozo de alta entalpía, servirá para mejorar la estrategia de explotación del reservorio y así incrementar el potencial productivo del Campo Geotérmico de Ahuachapán. Con este pozo se espera interceptar la falla “La planta”.

2.2 Ubicación geográfica.

Campo Geotérmico:	Ahuachapán
Departamento:	Ahuachapán
Latitud:	412,150.4
Longitud:	309,100.13
Elevación:	917.2 msnm

2.3 Datos generales.

Nombre del pozo:	AH-34 A
Profundidad total prevista:	1630m
Profundidad vertical prevista:	1500 m
Número de licitación:	CEL-1483
Número de contrato:	CEL-2793
Contratista:	FORASAL-FORAKY
Supervisión:	Depto. Perforación Ahuachapán Gerencia de Recursos Geotérmicos

2.4 Equipos utilizados

2.4.1 Equipo de perforación

Nombre: Massarenti 6000

Torre de perforación:

Marca:	Branham Industries.
Altura:	136 pies (41.46 m), triple.
Capacidad estática:	550,000 lb con 10 líneas.

Estructura:

Tipo Box	
Altura total:	5.0 m
Capacidad rotaria:	550,000 lb
Capacidad de estibado:	300 toneladas

Equipo de izaje:

Marca:	Massarenti
Modelo:	Mass 6000
Serie:	JM681, año 1981
Potencia de entrada:	1350 HP

Sistema de potencia:

a) Malacate y rotaria:

3 motores diesel:	450 HP c/u a 1800 r.p.m., con convertidores de torque.
Marca:	General Motor
Modelo:	12V 71

b) Resto del equipo:

Cinco generadores

Marca: General Electric 752, alimentados con cinco motores Caterpillar, modelo D 398 B.

Rotaria:

Diámetro de abertura: 27 ½"
Capacidad estática: 570 toneladas
Capacidad dinámica: 355 toneladas

Bombas de lodos:

Bomba Principal:

Marca: National
Modelo : 10 P 130, Triplex
Potencia de entrada: motor eléctrico de 1300 HP
Potencia de salida: 1,170 HP
Camisa: 6 ¾"
Presión máxima: 3,085 psi
Caudal máximo: 644 gpm

Bomba secundaria:

Marca: National
Modelo: 10 P 130, Triplex
Potencia de entrada: motor eléctrico de 1300 HP
Potencia de salida: 1,170 HP
Camisa: 6 ¾"
Presión máxima: 3,085 psi
Caudal máximo: 644 gpm

Sistema de preparación, tratamiento y circulación de fluidos de perforación:

- Tanques para lodo de 150 m³ de capacidad total.
- Tanques de preparación de lodo de 60 m³ de capacidad total.
- Torre de enfriamiento con capacidad de 50 l/s, con bomba centrífuga para alimentación.
- Tanques de almacenamiento de agua con capacidad total de 250 m³.
- Sistema para tratamiento completo del lodo.

2.4.2 Equipo de aire

EQUIPO DE PERFORACION CON AIRE, AIR DRILLING SERVICES.

- Dos compresores primarios de tornillo de 850 pie³/min a 200 psi c/u, marca Quincy, modelo WB12, año 94.
- Un elevador de presión ("Booster") de 2000 pie³/min a 2000 psi, marca Joy, modelo WB12, año 94.
- Una bomba de inyección de espuma de 60 GPM, triplex con dos tanques.
- Un separador aire-fluido, tipo vertical con descarga horizontal.
- Medidores de caudal, presión y temperatura para el control de operaciones.
- Computadora e impresor portátil con software para la programación y control de operaciones.

2.4.2 Equipo de cementación.

UNIDAD CEMENTADORA, HALLIBURTON

- Una unidad de cementación y accesorios autotransportable, marca Halliburton, modelo CPTSW4/1991, con juego de medidores integrados.
- Un equipo de cómputo para control, marca Halliburton tipo Compupac W383, nuevo.
- Silos Halliburton para una capacidad total mínima de 4500 pie³.
- Sistema de mezclado tipo RCM, marca Halliburton, alta y baja presión.
- Dos medidores para control continuo de densidad, integrados a la unidad.
- Transportador de materiales neumático, marca Halliburton, tipo 66 PNTA1.
- Juegos de tubería de acople.

3. DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES DE PERFORACION.

3.1 Traslado del equipo de perforación.

Finalizada la perforación del pozo AH-34 el día 03 de Julio de 1997, se procedió a realizar los preparativos necesarios para trasladar la estructura, burros, tanque de descarga, temblorina, desarenador, desarcillador y separador hacia el contrapozo del AH-34 A. El traslado de la estructura fue realizado el día 04 de Julio, posteriormente se realizaron las conexiones y arreglos correspondientes.

El traslado fue finalizado el día 07 de Julio, por lo que la supervisión de CEL determinó que el equipo reunía las condiciones básicas necesarias para dar inicio a las actividades de perforación a las 0:00 hrs. del 8 de Julio.

3.2 ETAPA I. Perforación con barrena de 26"

Estrato perforado 2 - 38m.

La primera la etapa del pozo AH 34 A se inició el día 8 de Julio de 1197 y se finalizó el día 11 de Julio. Conformada la sarta de perforación con barrena de 26" (IADC 131), marca Security, tipo S4TJ, serie 480857; dió inicio la perforación a las 00:00 hrs. Se perforó de 2.0 a 12.5m en circulación normal, luego se agregó un estabilizador a sarta, procediendo a la estabilización de 2.0 a 12.5 m. Se agregó barra de peso de 11¼", continuándose con la perforación de formación de 12.5 a 18.6m, en circulación normal. Se agregó el segundo estabilizador de 26" y se rimó agujero de 14 a 18.6m.

Se perforó formación con sarta estabilizada de 18.6 a 38.0m en circulación normal, agregando para ello otra barra de peso de 11¼". La profundidad antes mencionada, corresponde con la prevista para el final de la primera etapa, por lo que previo y después del reconocimiento se circuló por una hora para desalojar recortes del fondo del agujero. Luego se recuperó herramienta a superficie.

3.2.1 Corrida de la T.R. 20"

El descenso del casing de 20", se realizó el día 10 de Julio, el arreglo quedó conformado por tres tubos de 20" de diámetro, 94 lb/ft, rosca Buttress, la zapata quedó a una profundidad de 35.38m, se utilizaron tres centralizadores, la corrida duró aproximadamente 1.75hrs. La longitud del arreglo por tubo se muestra en la siguiente tabla.

Nº.	DESCRIPCION	LONGITUD	LONG. ACUM.	CENTRALIZADOR
	Zapata	0.55	0.55	-
1	Tubo 20" O.D. 94 lb/ft	12.48	13.03	2 C
	Collar flotador	0.78	13.81	
2	Tubo 20" O.D. 94 lb/ft	14.02	27.83	
3	Tubo 20" O.D. 94 lb/ft	13.2	41.03	C

3.2.2 Fluidos de perforación, etapa I.

3.2.3 Cementación de la tubería de 20".

La cementación de la tubería de 20" fue realizada utilizando el método stab-in, el día 10 de Julio, se inició con el descenso de la tubería de perforación de 5" con stinger. Debido a que no se tenía todo el cemento solicitado dentro de la plataforma, fue necesario esperar un cargamento, por lo que se circuló de forma intermitente a un régimen de 1240 l/s.

Se envió frente espaciador de 5 m³ y 3% de bicarbonato de sodio, luego se inyectó un volumen de 20.4 m³ de lechada con 35% harina de sílice y densidad promedio de 1.86 kg/l. La operación se realizó con circulación normal, obteniendo una densidad de 1.71 kg/l en el retorno. La lechada fue desplazada con un volumen de 1.5 m³ de agua. Posteriormente se recupero tubería de perforación.

Luego de finalizar las actividades de cementación se esperó fraguado de 24 hrs.

3.3 ETAPA II. Perforación con barrena de 17½” Estrato perforado 38 – 365 m

La segunda etapa del pozo AH-34 A se inició el día 13 de Julio, luego de finalizar la instalación de los preventores HYDRILL Y SHAFFER, además se perforó collar flotador y cemento hasta una profundidad de 30m para efectuar prueba de presión a la tubería de 20” a 200 psi durante 15 minutos, el resultado de la misma fue positivo, procediendo a perforar cemento y zapata.

Finalizada la perforación de cemento con barrena Reed 17½” de diámetro; tipo 31J, código IADC 131, con número de serie 173476, nueva; se perforó formación de 38 a 46m en circulación normal, luego se recuperó herramienta para agregar dos estabilizadores a la sarta, el primero sobre la barrena y el segundo en la parte superior de la primera barra de peso. Se descendió sarta estabilizada y se procedió a estabilizar de 38 a 46m, luego se perforó y estabilizó formación de 46 a 158m en circulación normal, a la profundidad antes mencionada se realizó una medida de desviación utilizando TOTCO con resultado negativo. Se continuó perforación hasta 163.0m, procediendo a tomar nuevamente TOTCO con resultado 0.75° de desviación.

Luego se perforó formación de 163 a 197m en circulación normal, se circuló por media hora y se procedió a recuperar herramienta a superficie, debido a daño en la rosca y caja de dos barras de peso con diámetro 11¼”, que fueron apretadas con demasiado torque, ocasionando que se deteriorara la superficie de sello, por tal motivo las barras fueron sustituidas por cinco de 8” de diámetro. La barrena fue sustituida por otra Security 17½” de diámetro, tipo SS84, código IADC 515M, serie 6751, usada en la perforación del pozo AH-33 A.

Sustituidas las barras de peso y barrena se continuó perforación de formación en circulación normal de 197 a 233.5m, la perforación fue suspendida por 1.25 hrs. por presentarse un desalineamiento en la cadena motriz de la mesa rotatoria. Finalizada la reparación se continuó perforando en circulación normal hasta los 263m, profundidad a la cual se presentaron pérdidas totales de circulación, procediendo a medir el nivel hidrostático con ECHOMETER, el resultado fue de 46m. Dada la magnitud de la pérdida se recuperó herramienta a superficie, midiendo el nivel hidrostático con el trozo de madera de FORASAL, dando como resultado 31.5 m.

Con la finalidad de sellar las pérdidas de circulación, se decidió colocar tapón de cemento, para ello se descendió tubería franca hasta una profundidad de 264 metros y se bombeó el tapón de cemento número 1, con un volumen de lechada de 6.1 m³, densidad 1.85 kg/lts, con un frente de agua de 15 bbl y un volumen de desplazamiento de 15 bbl. Finalizada la recuperación de tubería franca se midió nivel hidrostático con el equipo de FORASAL, dando como resultado 28.5m.

Después de la espera de fraguado, se midió nuevamente el nivel hidrostático, con resultado 32.0m, procediendo a llenar el pozo, observándose que la pérdida continúa. Se decidió colocar un segundo tapón, descendiendo tubería franca a una profundidad de 263.8 metros y bombeando un volumen de 4.5 m³, con una densidad de 1.48 Kg/lts un volumen de desplazamiento de 15 bbl. Para este tapón se usaron 2 sacos de cloruro de calcio, tres sacos de bentonita y 73 sacos de cemento Portland. La tubería de perforación se recuperó a superficie y se esperó fraguado de 7 hrs.

Pasadas las 7 hrs. de fraguado, se llenó el volumen de la tubería sin obtenerse retorno. La cima de cemento del segundo tapón se encontró a 265.7 metros. Para el tercer tapón la tubería franca fue descendida a 260 metros y el volumen de lechada fue de 6.5 m³, densidad de lechada de 1.46 kg/lts y un volumen de desplazamiento de 12 bbl.

El gasto de materiales de este tapón fue de 101 sacos de cemento Portland, 1.5 sacos de cloruro de calcio y tres sacos de bentonita. Al finalizar la recuperación de tubería franca se midió nivel hidrostático con

resultado 28.0m. Finalizada la espera de fraguado se midió nuevamente el nivel, con resultado 32.0m, se intentó llenar el pozo pero el resultado fue negativo, por lo que se colocó cuarto tapón de cemento.

La cima de cemento del tercer tapón se encontró a una profundidad de 262 metros. Se procedió a colocar el cuarto tapón con un volumen de 6.6 m³, densidad de lechada de 1.5 Kg/lts y un volumen de desplazamiento de 12 bbl de agua. La cantidad de materiales utilizado en este tapón fue de 111 sacos de cemento Portland, 1.5 sacos de cloruro de calcio, 2.5 sacos de bentonita. Al finalizar la cementación se midió nivel encontrándose a 21.0m, además al finalizar la espera de fraguado correspondiente se intentó llenar el pozo, pero el resultado fue negativo. La cima de cemento de este tapón fue encontrada a 235.6 metros.

Después de colocar el cuarto tapón la pérdida continuó, a pesar que la zona de pérdidas ya había sido cubierta con el último tapón, por lo que se pensó que había una pérdida en la parte superior. Durante el transcurso de la perforación no se había presentado pérdidas de ningún tipo, por lo que no se podía establecer una zona en la parte superior.

Sin embargo existía la posibilidad de haber abierto una pérdida en la parte superior, posiblemente en un cambio de formación. Según el reporte litológico este cambio estaba a los 80 metros, a esta profundidad se colocó la tubería franca colocándose un tapón con un volumen de 7.8 m³, densidad de lechada de 1.74 Kg/lts y un volumen de desplazamiento de 5 bbl.

El tope de cemento se encontró a 146 metros, posterior a la medición de la cima se midió el nivel y se detectó una pérdida de 15 m³/hr, por lo que se mandó al fondo un volumen viscoso de 10 m³ y viscosidad de 87 segundos, con 10 sacos de cascarilla de café.

La perforación de este tapón de cemento fue de 146 a 186 metros con descenso libre de herramienta con rotación en los tramos 160 a 167 metros y de 169.5 a 176 metros. A partir de los 186 metros el descenso fue libre hasta encontrar el tope de cemento del cuarto tapón a la profundidad de 228 metros. Desde esta profundidad se comenzó a perforar cemento hasta los 267 metros.

A la profundidad comprendida entre 265 y 267 metros ocurrió pérdida parcial de 11 m³/hr. Durante la perforación comprendida entre 267 a 333.0 m, con existieron pérdidas parciales de 4 a 18 m³/hr. Aproximadamente de 333.0 a 348.0 se perforó formación con pérdidas de 2 m³/hr. De 348.0 a 350.7 m se observó un notable incremento en la vibración de la sarta, el peso aplicado sobre la barrena fue de 8 a 10 ton, 50 rpm, con avances de 0.7 a 1.0 m/h.

Se continuó perforando formación de 350.7 a 365.0m, profundidad prevista para final de etapa 17½" con pérdidas parciales de circulación de 2 m³/hr. Se circuló por una hora, con pérdidas similares.

Posteriormente se descendió TOTCO en caída libre, hasta una profundidad de 254.0m, se recuperó herramienta a superficie observándose desviación de 0.0°. Debido a problemas en embrague el malacate fue reparado en un período de ocho horas, luego se inició descenso de herramienta para reconocimiento de agujero de 17½".

Se circuló por una hora y durante el ascenso de la sarta, se realizaron mediciones con single shot, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Profundidad	Desviación	Rumbo
321.0m	0.75°	N54E
226.0m	1.0°	N37W
141.0m	0.75°	N58E
56.0m	1.0°	N58E

3.3.1 Corrida de tubería de revestimiento de 13³/₈ ”.

El descenso de la tubería de revestimiento 13 3/8”, se realizó el día 24 de Julio, el arreglo estuvo conformado por 27 tubos con diámetro exterior 13 3/8” con 13 centralizadores, el peso de la tubería fue de 54.5 lb/pie. K55, rosca Buttres. El descenso se realizó aproximadamente en 6.75 hrs, sin encontrar resistencia alguna durante el mismo. La zapata se descendió a una profundidad de 361.53m, quedando por tanto a 3.47m del fondo del agujero.

El arreglo de tubería se muestra en la siguiente tabla:

Nº.	DESCRIPCION	LONGITUD	LONG. ACUM.	CENTRALIZADOR
	Zapata	0.53	0.53	
1	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.29	13.82	2C
	Collar flotador	0.7	14.52	
2	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.12	27.64	2C
3	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.43	41.07	2C
4	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.58	54.65	
5	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.44	69.09	
6	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.37	82.46	C
7	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.16	95.62	
8	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.36	108.98	
9	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.89	122.87	C
10	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.66	136.53	
11	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.16	149.69	
12	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.26	162.95	C
13	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.36	176.31	
14	Tubería 54.5 lb/ft, k55	12.52	188.83	
15	Tubería 54.5 lb/ft, k55	12.32	201.15	C
16	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.77	214.92	
17	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.11	228.03	
18	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.71	241.74	C
19	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.22	254.96	
20	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.16	268.12	
21	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.2	281.32	C
22	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.26	294.58	
23	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.23	307.81	
24	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.16	320.97	C
25	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.15	334.12	
26	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.39	347.51	C
27	Tubería 54.5 lb/ft, k55	13.27	360.78	C

3.3.2 Fluidos de perforación, etapa II.

3.3.3 Cementación de la T.R. de 13³/₈ ”.

La cementación del casing de 13³/₈ ” se realizó por el método stab-in el día 24 de Julio, para ello se descendió tubería franca con stinger y luego se procedió a realizar cementación primaria, iniciando con el bombeo de 30 bbl como frente espaciador de agua, seguidos de 53.5 m³ de lechada (100% cemento G, 35% SSA-1) con una densidad promedio de 1.89 gr/cc. El volumen bombeado representa el 115% de exceso en agujero descubierto. Con el volumen bombeado no fue posible obtener retorno de cemento.

Las operaciones de cementación se realizaron con pérdidas parciales de circulación, debido a la falta de cemento en los silos verticales, la cementación fue suspendida mientras se trasladaba cemento existente en silo horizontal, debido a la falla en una de las mangueras para conducir cemento, no fue posible continuar con el traslado del mismo. Se inyectó con preventores cerrados 6.2 m³ de agua para realizar limpieza de espacio anular, dicha inyección se inició a una presión de 170 psi, pero esta se estabilizó posteriormente a 123 psi.

Se espera fraguado de cemento de 12 hrs. para continuar con cementación complementaria.

Luego de esperar 12 hrs. de fraguado correspondientes a la cementación primaria, se procedió a inyectar 40 bbl de agua por el espacio anular con los preventores cerrados, luego se inyectó un primer volumen de 8.75m³ de lechada con densidad 1.9 y luego un segundo de 3.2 m³ con densidad 1.99 gr/cc. La inyección de lechada fue suspendida debido al incremento en la presión de bombeo, indicando la resistencia a la admisión de cemento por parte de la pérdida.

Cuatro horas después de la cementación complementaria, se midió nivel de la cima de cemento por el espacio anular, encontrándose a 2 metros. Se esperó fraguado de cementación complementaria de 18 hrs.

3.4 ETAPA III . Perforación con barrena de 12¼". **Estrato perforado 365 – 960 m.**

Esta etapa se inició el 27 de Julio, luego de finalizados los arreglos superficiales consistentes en corte de casing 20", enrosque de brida de cabezal en T.R. 13 3/8", acople de la misma al carrete, montaje de B.O.P. de 13 3/8", conexión de tubo de rebalse, las líneas y cabeza rotatoria de Air drilling. Además se quebró barras de peso de 11¼".

En esta etapa se programó el inicio de la desviación a los 390m, con incrementos en la inclinación de 3° por cada treinta metros, hasta llegar a un máximo de 26.97°. El rumbo se programó como N60E.

Se realizó prueba de preventor de cierre total a 800 psi. durante 25 min. el resultado fue satisfactorio. Posteriormente se descendió herramienta con barrena de 12¼" y once barras de peso de 8", la cima de cemento fue encontrada a 343.85m, se perforó cemento y collar flotador, con un peso sobre barrena de 4 ton, 50-60 rpm, con avances de 2 a 4.5 m/h. Seis metros arriba de la zapata, se realizó prueba de presión a tubería y B.O.P., durante la misma se observó fuga en los preventores, debido a mal cierre de los mismos por falta de presión, por tal motivo la prueba fue repetida a 1000 psi. después de realizar las correcciones correspondientes, manteniéndose la presión por un lapso de 15 min. Se continuó con la perforación de cemento y zapata con los parámetros antes mencionados.

Se perforó formación, en circulación normal, de 365 a 380m, se circuló para desalojar recortes y luego recuperar herramienta a superficie para agregar dos estabilizadores de 12¼" a sarta. Se descendió herramienta y se estabilizó formación, en circulación normal de 370 a 380 m, seguidamente se perforó formación de 380 a 389 m en condiciones normales de circulación, con avances de 0.8 a 1.5 m/h, debido a la falta de avance no se perforó hasta 390m, profundidad prevista para el inicio de la desviación. Se circuló un período de 0.25 hrs y se realizó reconocimiento desde la zapata, luego se recuperó herramienta a superficie. La barrena recuperada mostraba daño en uno de los baleros, con un juego alto; no se encontró reducción en el diámetro de la misma.

El personal de Halliburton procedió a armar la nueva sarta para iniciar la desviación del pozo, quedando compuesta por una barrena de 12¼", marca Security, tipo SS84, IADC 515 M, serie 697273, nueva;

motor de fondo, Ben Sub, un drill collar antimagnético de 8" de diámetro, 4 drill collar de 8" de diámetro y tubería de perforación. Faltando cuatro triples para bajar completamente el arreglo, el embrague del malacate presentó problemas y la reparación duró 4 horas. Cuando el nuevo arreglo se encontraba al fondo se procedió a realizar un single shot dando como resultado N57°E y 0.5° de inclinación, después del registro se orientó la herramienta y de nuevo se tomó otro para iniciar la perforación con motor de fondo.

Se inició la perforación direccional con motor de fondo desde 389 a 441.5m, en circulación normal, con un avances de 1 a 8 m/hr, debido a que no fue posible obtener resultados de las mediciones con single shot, se decidió recuperar la herramienta, ya que la camisa de orientación se encontraba dañada. Reemplazada la camisa orientadora, se descendió herramienta y se tomó medición con single shot, luego se continuó perforando bajo condiciones normales de circulación de 441 a 470m, de nuevo a esta profundidad la camisa orientadora sufrió daños, por lo que se recuperó herramienta a superficie y se cambió camisa. La herramienta se descendió nuevamente hasta 470m y se tomó medición con single shot, con resultado positivo. Se continuó la perforación de formación en circulación normal de 470 a 508m, a la profundidad antes mencionada se circuló por media hora y se decidió recuperar herramienta para cambiar arreglo de la misma, ya que se habían alcanzado 9.5° de inclinación y el rumbo era N71E. Esta fue sustituida por una sarta estabilizada, consistente en: barrena 12¼" (Security, tipo SS84, código IADC 515m, Serie 697272, nueva), estabilizador 12¼", barra de peso antimagnética, barras de peso de 8" y tubería de perforación.

Se descendió hasta 385, encontrándose resistencia, por lo que se inició estabilización, aproximadamente a los 388m fue necesario recuperar tubería a la altura de la zapata debido a desperfectos en el Air Flex de rotaria, la reparación duró aproximadamente 9.25 hrs. Posteriormente se continuó estabilización hasta 508m, para luego perforar formación en circulación normal y con sarta empacada desde 508.0 hasta 594.0m, a esta profundidad se tenía aproximadamente 11.29° de inclinación con rumbo N69E. Debido a que los incrementos en la inclinación no eran los esperados, además el rumbo debía ser corregido; fue necesario recuperar la herramienta para continuar perforación con motor de fondo.

Se circuló por un lapso de media hora y luego se recuperó herramienta a superficie, se realizó el descenso con motor de fondo, al llegar al fondo fue necesario tomar varias mediciones con el single shot para orientar la herramienta. Se perforó formación en circulación normal de 594 a 649m, luego se circuló por media hora y se recuperó herramienta con motor de fondo, ya que tanto la inclinación como el rumbo habían sido corregidos.

Se descendió herramienta con sarta empacada, durante el descenso se rompió con el bloque viajero, la plataforma de madera que se encuentra en la parte inferior del bloque de corona. Al llegar a 591.0m se inició estabilización de formación, en circulación normal hasta los 649.0m.

Se perforó formación de 649 a 675.5m, en circulación normal, a la profundidad antes mencionada se observó falta de peso en la herramienta, aproximadamente 14 ton., por lo que se procedió a recuperar la misma. Durante el ascenso se observó rotura en la caja del reductor, por lo que dentro del pozo se encontraban ocho barras de peso, un estabilizador, un D.C. antimagnético y barrena. Se descendió con over shot y realizó pesca al primer intento, finalizada la recuperación del pescado, se cambió barrena por una Security, 12¼" de diámetro, tipo SS84, IADC 515M, serie 697274, nueva. Se descendió herramienta y se reanudaron las operaciones de perforación, en condiciones normales de circulación desde 675.5 hasta 816m. Se circuló por 0.75 hrs. y se recuperó herramienta a superficie para realizar registro de temperatura estática de formación. Durante el ascenso se encontró una tubería de perforación dañada. Finalizada la recuperación se reconoció agujero con barra de peso, no encontrándose resistencia durante el descenso, por lo que se procedió a medir temperatura estática de formación (Depto. de explotación CEL), dando como resultado 147°C. Finalizado el registro se descendió sarta empacada para continuar perforación de 816 a 847.0m en circulación normal, luego aparecieron pérdidas parciales de 10m³/h que luego se incrementaron hasta 30 m³/h, por tal razón se enviaron baches viscosos, además se agregó

cascarilla de café al lodo de perforación, las pérdidas disminuyeron a 2 m³/h y luego se recuperó por completo la circulación (aproximadamente a los 854m).

Se continuó perforación de formación en circulación normal de 854 a 950.0m, siendo esta última la profundidad prevista para el final de la tercera etapa, procediendo a circular por una hora para desalojar recortes y luego recuperar herramienta a superficie. Se realizó medición estática de formación dando como resultado 220°C. Se realizó registro BGT, obteniendo como resultado una pequeña ovalización en diferentes tramos del agujero, así como el fondo del mismo a 945m con una inclinación y rumbo aproximados de 32° y N38E respectivamente. Previo al reconocimiento del agujero de 12½" se circuló por un período de una hora.

Durante la perforación de la tercera y cuarta etapa HALLIBURTON, realizó diferentes mediciones de inclinación los resultados de las mismas se muestran en la siguiente tabla.

Profundidad medida (m)	Inclinación (deg)	Rumbo	TVD	VS (m)	Proyección al norte (m)	Proyección al este (m)	DLS (d/30m)
0.00	0.00	N00E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56.00	1.00	N58E	56.00	0.49	0.26	0.41	0.54
141.00	0.75	N52E	140.99	1.02	0.99	0.61	0.51
226.00	1.00	N37E	225.98	1.50	1.93	0.61	0.44
321.00	0.75	N54E	320.97	2.88	2.96	1.61	0.11
367.00	0.50	N57E	366.97	3.38	3.24	2.03	0.16
386.00	0.75	N74E	385.97	3.58	3.32	2.22	0.49
405.00	2.75	N73E	404.96	4.15	3.49	2.77	3.15
424.00	4.50	N77E	423.92	5.30	3.79	3.93	2.79
443.00	7.00	N85E	442.82	7.07	4.06	5.81	4.14
452.00	7.75	S89E	451.75	8.08	4.10	6.97	3.58
471.00	9.75	N83E	470.53	10.66	4.27	9.85	3.69
481.00	10.25	N79E	480.38	12.28	4.54	11.56	2.57
491.00	9.50	N71E	490.23	13.93	4.98	13.21	4.69
508.00	10.00	N75E	506.98	16.74	5.82	15.97	1.49
537.00	10.50	N79E	535.52	21.67	6.98	20.99	0.9
556.00	10.25	N80E	554.21	24.89	7.60	24.36	0.49
584.00	10.25	N81E	581.76	29.56	8.42	29.27	0.19
593.00	11.25	N77E	590.61	31.15	8.75	30.92	4.16
613.00	11.75	N69E	610.21	35.02	9.91	34.72	2.5
622.00	11.50	N63E	619.02	36.83	10.67	36.37	4.11
656.00	13.00	N49E	652.25	43.97	14.7	42.28	2.93
693.00	15.50	N45E	688.11	52.83	20.93	48.92	2.18
730.00	17.00	N47E	723.63	62.87	28.11	56.37	1.30
759.00	19.50	N45E	751.17	71.68	34.43	62.89	2.67
786.00	21.00	N45E	776.50	80.71	41.03	69.50	1.67
862.00	26.50	N45E	846.04	110.26	62.67	91.14	2.17
919.00	31.00	N42E	896.00	136.52	82.58	109.96	2.49
938.00	32.00	N43E	912.20	145.99	89.90	116.67	1.78
967.00	31.00	N44E	936.93	160.52	100.89	127.10	1.17
990.00	30.00	N52E	956.76	171.91	108.7	135.75	5.46
1000.00	29.50	N54E	965.44	176.83	111.68	139.71	3.33
1034.00	29.50	N63E	995.05	193.53	120.41	153.95	3.91
1063.00	25.50	N60E	1020.29	207.8	127.22	166.49	1.53
1092.00	27.50	N60E	1045.77	221.63	134.14	178.48	2.07
1111.00	27.50	N59E	1062.62	230.41	138.59	186.04	0.73

1133.00	30.00	N63E	1081.91	240.98	143.71	195.29	4.29
1142.00	30.75	N62E	1089.68	245.53	145.81	199.33	3.02
1152.00	32.00	N61E	1098.22	250.73	148.29	203.90	4.06
1161.00	33.00	N61E	1105.81	255.57	150.64	208.13	3.33
1171.00	35.00	N62E	1114.10	261.16	153.30	213.05	6.23
1201.00	34.00	N68E	1138.83	278.07	160.49	228.43	3.54
1229.00	33.00	N68E	1162.17	293.37	166.28	242.76	1.07
1259.00	33.00	N73E	1187.34	309.42	171.73	258.15	2.72
1288.00	33.50	N69E	1211.59	325.02	176.90	273.17	2.33
1316.00	33.50	N69E	1234.94	340.29	182.44	287.60	0.0
1334.00	34.00	N70E	1249.91	350.15	185.94	296.97	1.25
1366.00	33.50	N71E	1276.52	367.63	191.88	313.72	0.70
1393.00	35.50	N71E	1298.77	382.64	196.86	328.18	2.22
1422.00	37.00	N69E	1322.15	399.53	202.73	344.29	1.98
1451.00	38.00	N65E	1345.17	417.04	209.63	360.53	2.72
1498.00	40.00	N69E	1381.70	446.38	221.16	387.75	2.05
1558.00	44.00	N69E	1426.27	486.03	235.54	425.23	2.00
1613.00	47.00	N69E	1464.82	524.77	249.60	461.85	1.64
1628.00 (Proyecc.)	47.82	N69E	1474.94	535.68	253.56	472.16	1.64

3.4.1 Corrida de tubería 9 5/8"

El descenso de tubería 9 5/8" se realizó en 9.5 hrs. durante los días 10 y 11 de Agosto. El arreglo estaba conformado por 69 tubos, rosca buttres, 13 de 40 lb/ft y los restantes de 36 lb/ft. La longitud total del mismo fue de 951.92m con 40 centralizadores. La zapata fue colocada a una profundidad de 945.6m. El detalle del arreglo se muestra en la siguiente tabla:

No.	DESCRIPCION	LONGITUD	LONG. ACUM	CENTRALIZADOR
	Zapata	0,52	0,52	
1	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	12,76	13,28	2C
2	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	13,63	26,91	2C
	Float collar	0,63	27,54	2C
3	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	13,84	41,38	C
4	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	14,05	55,43	C
5	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,39	68,82	C
6	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,82	82,64	C
7	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,79	96,43	C
8	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,71	110,14	C
9	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,99	124,13	C
10	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,07	138,2	C
11	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,68	151,88	C
12	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,61	165,49	C
13	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,67	179,16	C
14	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,67	192,83	
15	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,05	205,88	
16	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,12	220	C

17	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,7	233,7	
18	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,64	247,34	
19	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14	261,34	C
20	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,61	274,95	
21	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,41	288,36	
22	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,66	302,02	C
23	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,16	316,18	
24	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,66	329,84	
25	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,93	343,77	C
26	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14	357,77	
27	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,96	371,73	
28	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,96	385,69	C
29	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,8	399,49	C
30	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,66	413,15	C
31	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,3	426,45	C
32	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,58	440,03	C
33	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,03	454,06	C
34	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,5	467,56	C
35	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	13,51	481,07	C
36	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	13,83	494,9	C
37	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	12,69	507,59	C
38	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	14	521,59	C
39	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	13,61	535,2	C
40	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	14,04	549,24	C
41	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	13,67	562,91	C
42	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,84	576,75	C
43	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,14	590,89	C
44	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,03	604,92	
45	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,18	619,1	
46	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,17	633,27	C
47	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,24	647,51	
48	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,23	661,74	
49	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,19	675,93	CP
50	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,2	690,13	
51	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,63	703,76	
52	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,18	717,94	
53	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,69	731,63	
54	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,12	745,75	CP
55	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,2	758,95	
56	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,93	772,88	
57	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,43	786,31	
58	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,85	800,16	
59	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,68	813,84	CP
60	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,02	827,86	
61	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,12	841,98	
62	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,98	855,96	
63	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,95	869,91	
64	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,03	883,94	CP
65	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,28	897,22	
66	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	13,82	911,04	
67	T.R. 9 5/8" 36 lb/pie	14,11	925,15	
68	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	13,24	938,39	
69	T.R. 9 5/8" 40 lb/pie	13,53	951,92	

3.4.2 Fluidos de perforación, etapa III

3.4.3 Cementación T. R. 13^{3/8}"

La cementación se realizó el día 11 de Agosto mediante el método stab in. Finalizada la corrida de tubería, se circuló con cabeza mientras se levantaban preventores y colocaba cuña centralizadora. Se descendió tubería de perforación con stinger, y posteriormente se circuló por hora y media para enfriamiento del pozo.

Previo a la cementación se inyectó un frente espaciador de 40 bbl de agua, seguidos de un volumen de lechada de 42.8 m³. con densidad 1.88 gr/cc. La lechada fue desplazada con un volumen de 45bbl de agua. La cementación se realizó en circulación normal hasta bombear 22.84 m³, luego se presentaron pérdidas totales de circulación bombeándose 5.7 m³. La circulación se recuperó inyectándose 5 m³, luego se perdió por completo el retorno. El volumen de lechada bombeado, representa el 93% del volumen geométrico real del espacio anular hasta el nivel de la zapata.

Finalizada la cementación primaria se recuperó tubería franca con stinger a superficie.

Con la finalidad de limpiar el anular se inyectaron 150bbl de agua a una razón de 5 a 6 bbl/min. La presión de bombeo se inició con 120 psi, posteriormente se incrementó a 230, para luego estabilizarse en 180 psi. Seguidamente se envió 35m³ de lechada con densidad 1.8 gr/cc, el régimen de bombeo fue de 4 bbl/min, con una presión máxima de 180 psi. Se esperó fraguado de cemento de 14 hrs.

El día 12 de Agosto se realizó la cementación complementaria número dos, a través del espacio anular, observándose retorno de cemento franco a superficie, luego de haber bombeado 11.5 m³ de lechada con densidad 0.88 Kg/lts. El volumen total inyectado fue de 12.6 m³. Finalizado el tiempo de fraguado se midió el nivel de la cima encontrándose a 2.5 metros por lo que fue necesario realizar una complementaria en forma manual. Para ello se prepararon 75 lts de lechada de cemento, con una densidad de 1.73 Kg/lts. La lechada fue bombeada por medio de las válvulas laterales de 3^{1/8}" hasta que el retorno inundó el tubo de conexión. Se dieron cuatro horas de espera de fraguado.

3.5 ETAPA IV. Perforación con barrena de 8½"

Estrato perforado 950 – 1428 m.

La cuarta y última etapa se inició el día 14 de Agosto, luego de levantar los preventores para cortar el tubo de la línea de producción, cortar el mismo 12" sobre la brida de cabezal, colocado el packing unit, montaje del carrete de expansión y carrete adicional de 13^{3/8}" para ganar altura en el arreglo. Además se montó el ensamble del rotary head. La prueba superficial de cierre fue a 400 psi, durante 30 minutos con resultados positivos, quebraron los DC. dE 8", para iniciar arreglo de última etapa.

Se perforó el cemento de la tercera etapa, encontrándose la cima a 798 metros, aproximadamente 120 metros arriba de lo programado, por tal razón se recomendó que durante el descenso de la tubería con el stinger, se agreguen barras de peso para darle mayor estabilidad a la misma. Finalizada la perforación de cemento, se corrió el registro de Schlumberger, los resultados del registro determinaron que la cementación fue buena.

Se continuó perforación direccional con sarta empacada, hasta llegar a 978.5m, profundidad a la cual se realizó una medición con single shot para luego recuperar herramienta a superficie. Se realizó una medición estática de temperatura dando como resultado -----, también se midió el nivel hidrostático encontrándose a 21.0m.

Posteriormente se descendió sarta con motor de fondo, de 978 a 987.5 se perforó en circulación normal, de 987.5 a 1002 pérdida total utilizando como fluido agua y luego en pérdidas parciales de 80 m³/h hasta 1017m. Realizada la corrección en el rumbo requerida se procedió a recuperar herramienta a superficie.

Finalizada la recuperación se descendió sarta empacada con barrena nueva marca Security, tipo SS84, código IADC 515M y número de serie 573898, procediendo a estabilizar agujero desde 978.5 hasta 1017, se continuó perforando hasta 1026 utilizando agua aireada, al llegar a dicha profundidad se cortó el flujo de aire para determinar la existencia de pérdidas totales, encontrándose efectivamente en dicha condición. Se continuó perforando con fluido aireado hasta 1064.5m, luego se realizó una medición de nivel hidrostático utilizando el Echometer, dando como resultado 457m.

Se recuperó herramienta hasta 800m para agregar jet sub de ¼" a la sarta de perforación, con la finalidad de lograr retorno de recortes. Finalizada la conexión se descendió herramienta y se continuó perforando con fluido aireado hasta 1066.7, profundidad a la cual ocurrió un atrape, la operación duró aproximadamente dos horas, siendo necesario aplicar una tensión máxima de 90 ton.

Liberada la herramienta se continuó perforación con fluido aireado, sin retorno de 1066.7 a 1079.5. Debido a que el abastecimiento de agua no fue suficiente, se recuperó herramienta hasta la zapata, evitando así la probabilidad de un nuevo atrape. Nivelados los tanques se circuló por una hora a la altura de la zapata, luego se descendió para continuar perforación con fluido aireado y con retorno de 1079.5 a 1094, a esta profundidad se presentó un nuevo atrape en la sarta, la operación duro aproximadamente 45 min. A partir de los 1094 m no fue posible obtener retorno de recortes.

Se continuó perforando formación de 1094 a 1122 con agua aereada, se deseaba incrementar el ángulo de inclinación por lo que se procedió a recuperar herramienta a superfice, se cambió barrena con 29.75 hrs. de rotación, agregándose una similar Security SS84. La barrena anterior mostraba un considerable daño en los baleros.

Se descendió sarta con motor fondo para levantar ángulo y corregir rumbo, se perforó de 1122 a 1169 con agua aereada. Debido a que la camisa orientadora (mule shoe) se encontraba dañada, fue necesario recuperar herramienta a superfice para reemplazarla. Se descendió nuevamente motor de fondo y se perforó de 1169 a 1197.5 con agua aereada sin retorno de recortes.

Realizadas las correcciones en rumbo y orientación, se recuperó herramienta con motor de fondo, observándose barrena en buen estado. Se midió nivel hidrostático con resultado 440.0 m. Luego se descendió con sarta empacada hasta 1122 para estabilizar formación con agua aireada. Se continuó la perforación de formación de 1197.5 a 1215.0 sin retorno de fluido aireado, a esta profundidad se observó falta de peso en la herramienta por lo que procedió a recuperar la misma, durante la recuperación se observó rotura en la tubería de perforación. Dentro del pozo quedaron 878.2 m de sarta.

Se descendió over shot para pescar herramienta por el cuerpo de la tubería, pero el resultado fue negativo. Se recuperó herramienta y se cambió el pescante para atrapar la herramienta por la junta de la T.P. rota. La pesca fue positiva, procediendo a recuperar overshot con pescado. No se observó resistencia en la recuperación. Se recuperó por completo a superficie para revisar la barrena debido al impacto sufrido al caer luego de ser atrapada con el primer over shot.

Se realizó medición de temperatura y presión por parte de CEL, además se tomó el nivel hidrostático encontrándose a 525.0m. Finalizadas las mediciones se descendió herramienta para continuar perforando formación con sarta empacada de 1215 a 1334.0m. En el tramo comprendido entre 1245.5 a 1293 se incrementó el peso a 12 toneladas con la finalidad de evitar disminuciones en la inclinación, además de 1293 a 1349.5 se disminuyeron las rpm para evitar desviaciones hacia la derecha en el rumbo. Al llegar a los 1334.0m se envió un bache viscoso de 12 m³, para luego recuperar herramienta, pues la barrena tenía 44.75 hrs. de rotación.

Se procedió a tomar testigo con corona de 6½" x 3½", perforando formación con agua de 1378 a 1381m, luego de 4.5 hrs se recuperó herramienta. obteniendo 2.38m de testigo, lo que representa un 79.3% de recuperación. Se descendió sarta empacada hasta la altura de la zapata, fue necesario esperar la finalización de pruebas de inyectividad en el AH-33 A, pues el abastecimiento de agua no era suficiente para continuar las actividades.

Se descendió hasta 1285, profundidad a la cual se encontró resistencia, procediendo a rimar el agujero; pues la barrena y estabilizador sufrieron desgaste. Posteriormente se perforó formación en pérdidas totales de 1378 a 1403 utilizando como fluido agua. A esa profundidad se presentó un ligero atrape en la herramienta, la cual fue liberada aplicando 70 ton. de tensión, la operación duró aproximadamente 0.25 hrs.

Se continuó perforando formación con agua en pérdidas totales de circulación de 1403 a 1628.0m, profundidad programada para el final del pozo, por tal motivo se bombeó agua por dos horas y media y se procedió a recuperar herramienta a superficie.

Durante la recuperación la herramienta se atrapó por primera vez a 1488.0m, la operación duro aproximadamente una hora y media, luego fue posible continuar la recuperación hasta los 1269.0m, a esta profundidad se presentó un segundo atrape para liberarla, fue necesario enviar baches de 5 m³ cada uno con solución de EZ mud y CC-16 además se inyectó aire, la operación duro aproximadamente tres horas. Fue posible recuperar hasta 1235.0m con rotación, presentándose otro atrape a esta profundidad, siendo necesario enviar 10 baches de solución además de inyectar aire. Se recuperó sarta de 1235 a 1178m utilizándose la misma solución con aire y ejerciendo una tensión entre 70 y 100 toneladas. De 1139 a 1082 m la recuperación se realizó sin resistencia alguna, sin embargo de 1082 a 1025 fue necesario continuar aplicando una tensión de 70 a 100 toneladas, además de enviar baches con fluido aireado. Posteriormente se recuperó herramienta con rotación de 1025 a 1015 m, durante 8 horas se intentó liberar herramienta utilizando baches y fluido aireado, aplicando una tensión máxima de 120 ton. Se prepararon 8 m³ de liberador de tubería con 2 bbl de enviro spot y 8 m³ de aceite diesel. Se inyectó 1 m³ de solución a través la tubería y 3 por el espacio anular, estos fueron desplazados con 16 m³ de solución con EZ-mud y CC-16. Por aproximadamente 4 horas se intentó liberar la tubería utilizando fluido aireado, con resultado negativo.

Se prepararon 8 m³ de solución con liberador de tubería, enviro spot y diesel, estos se inyectaron por la T.P. y se esperó por 4 horas, para que la solución realice su función. Por una hora y media se intentó liberar herramienta sin rotación aplicando una tensión máxima de 60 ton, sin embargo el resultado fue negativo. Se inyectaron 4 m³ de solución con EZ-mud y CC-16, por dos horas se intentó liberar la herramienta sin rotación, de nuevo el resultado fue negativo. Se inyectaron 4 m³ de liberador de tubería para luego aplicar una tensión máxima de 80 ton. Se incrementó la tensión hasta 120 ton, momento en el cual ocurrió fractura en la sarta. El marcador de peso indicaba únicamente 10 ton.

Se procedió a recuperar herramienta, logrando recuperar 31 tubos de 5.0" O.D. más 4.83m de tubería con fractura, la profundidad de la boca del pez y longitud del mismo fueron 292 y 723m respectivamente. Posteriormente se realizaron los preparativos necesarios para descender martillo mecánico con pescador de 8 1/8" con cuña de 4 7/8" , se realizaron varios intentos para pescar sin resultados favorables.

Se recuperó pescador over shot con martillo y se descendió herramienta SIT de Schlumber para determinar el punto libre y luego realizar un back-off , durante la medición del punto libre, la sarta fue tensionada con 40 ton, durante el ensayo de torsión para realizar la calibración del equipo, el over shot se desprendió, realizando varios intentos de pesca sin resultado positivo. Se recuperó herramienta a superficie observándose over shot dañado.

Se cambió over shot por otro con diámetro $7 \frac{7}{8}$ " y cuña de $4 \frac{5}{8}$ ", se descendió de nuevo la herramienta, sustituyendo un triple de tubería por tres barras de peso con diámetro $6 \frac{1}{4}$ " y se realizó pesca para detectar el punto libre, determinándose que esta se encontraba libre hasta la altura de la barra de peso antimagnética.

Se dio inicio a los preparativos para conectar explosivos, siendo descendidos hasta una profundidad de 885.0m. en la zona del cross over. En el momento que se encontraban a altura indicada se procedió a tensionar la sarta con 60 ton y girando hacia la izquierda cuatro vueltas con el objetivo de ayudar al explosivo al desenroscar la sarta. Mientras se efectuaba la operación la sarta se liberó, el indicador de peso marcaba 45 ton, el cual coincidía con el peso total de la herramienta, pensándose que toda la sarta había sido liberada.

Al recuperar la herramienta se observó que aún se encontraba dentro del pozo la barrena, el estabilizador de $8 \frac{1}{2}$ " O.D, tres reductores y la barra de peso antimagnética. La longitud del pescado fue de 13.05m y la boca del mismo a una profundidad de 1003.91m. Se realizaron los preparativos necesarios para descender over shot con cuñas de $6 \frac{1}{2}$ " y martillo, habiendo descendido hasta 367.0m, sin embargo se decidió cambiar la herramienta pescante por otra con reductor guía, martillo, seis barras de peso $6 \frac{1}{2}$ " O.D. y tubería de perforación. Este arreglo permitió enroscar el reductor guía a la barra de peso antimagnética, para luego realizar maniobras por 2.5h con el martillo hidráulico, durante la operación se inyectaron baches viscosos con EZ mud, diesel, liberador de tubería y aire. La máxima tensión aplicada para verificar el enrosque fue de 30 ton.

Al observar desplazamiento libre de la herramienta hacia abajo durante el martilleo, se pensó que esta había sido liberada, intentándose perforar el tramo en el cual ocurrió el atrape, sin embargo no fue posible por observarse alta resistencia. Se suspendió inyección de aire y se procedió a inyectar agua por un período de una hora. Se recuperó herramienta a superficie observándose ausencia del pescado, y rosca del reductor guía dañada.

Se descendió over shot con martillo hidráulico, sin embargo a la profundidad de 974.0m se encontró resistencia en el descenso, por lo que no fue posible llegar hasta la boca del pescado. Se recuperó herramienta a superficie, procediendo a descender sarta con barrena de $8 \frac{1}{2}$ ", se perforó formación de 974 a 1002 m. con agua aireada, a la profundidad antes mencionada se encontró tope, siendo el avance nulo, por lo que se supone es la boca del pescado. Se circuló por media hora y luego se recuperó herramienta a superficie.

Se descendió over shot, martillo y junta de seguridad, encontrándose resistencia a los 972 m, luego se continuó el descenso con rotación, el peso aplicado fue de 1 a 2 ton. Con avances de 1.5 a 4 m/h. Se descendió hasta 1002 m, correspondientes a la boca del pescado, luego se capturó este con herramienta pescante y se golpeó con martillo por aproximadamente una hora, aplicando una tensión máxima de 75 ton. La operación de pesca fue negativa, ya que el pescado se soltó del pescante, durante la operación se inyectaron 10 m^3 de EZ mud.

Se recuperó herramienta a superficie y se descendió sarta con martillo, junta de seguridad y tubería lavadora de diámetros $7 \frac{5}{8}$ " y $6 \frac{13}{16}$ " externo e interno respectivamente. Se realizó lavado de tubería de 1002 a 1008.5m, el peso aplicado fue de 1 a 5 ton, con avances de 0.05 a 3.5 m/h. Luego de 11.5 hrs de rotación y debido a la falta de avance, se recuperó herramienta a superficie, observándose una disminución de 2.44m en la longitud de la tubería lavadora.

Se descendió herramienta con nueva corona y se procedió a lavar tubería de 1002 a 1010.9m con agua aireada, con un peso máximo de 5 ton y avances de 0.3 a 4.2 m/h. Esta corona trabajó aproximadamente 7 hrs y fue recuperada debido a la falta de avance observándose desgaste en la misma.

Se descendió herramienta con dos jet sub y nueva corona para lavar tubería de 1002 a 1014.7 m, profundidad correspondiente al final del estabilizador. Luego fue posible el descenso de la tubería hasta 1021m, por lo que se supone el pescado descendió hasta encontrar resistencia.

Se recuperó herramienta a superficie y se descendió sarta con barrena de 8½", encontrando resistencia a la profundidad de 1002 m, procediendo a reperforar formación, el máximo peso aplicado fue de 7 ton. Durante esta operación ocurrió un atrape en la herramienta, siendo necesario maniobrar la sarta por media hora para liberar herramienta.

Se recuperó parte de la herramienta para agregar tubería de perforación heavy weight y además tubería grado G 105. Se descendió sarta hasta el nivel de la zapata y se reperforó con agua aireada de 956 a 1055. En el tramo comprendido entre 1000 y 1015, se observó una considerable resistencia incluso después de haber reperforado, por lo que fue necesario repararlo continuamente. Aproximadamente a los 1055 se observó que la herramienta no presentaba avance, a pesar de aplicar 15 ton, por lo que supuso era posible boca del pescado. Se circuló por media hora y se procedió a recuperar herramienta a superficie.

Se descendió sarta con over shot y se realizó pesca, la operación duro aproximadamente media hora, posteriormente se recuperó herramienta a superficie con pescador, siendo la operación con resultado negativo.

Se descendió corona lavadora, procediendo a lavar con agua aireada de 1013 a 1025, por encontrar resistencia, al recuperar sarta se observó la presencia de los electrodos soldados dentro de la tubería, por lo que ningún cuerpo se introdujo dentro de la misma.

Se descendió con barrena de 8½" para reconocer agujero y detectar boca del pescado, encontrando resistencia de 1003 a 1013, por lo que este tramo fue reperforado, posteriormente el descenso fue libre hasta 1053.7 , a tal profundidad se aplicó un peso máximo de 15 ton sin observarse avance, por lo que se supuso es posible boca del pescado. Se recuperó herramienta a superficie sin observarse resistencia.

Se descendió tubería con corona, lavando con agua aireada de 1053.7 a 1066.3 m el peso aplicado fue de 2 a 5 ton. Posteriormente se recuperó herramienta a superficie para luego descender con pescador over shot.

Finalizado el descenso con over shot, martillo y junta de seguridad, se realizó operación de pesca, la boca del pescado se encontró a 1054 m, la máxima tensión aplicada fue de 75 ton, observándose un incremento en la presión a 950 psi. La operación fue positiva puesto que se recuperó por completo el pescado.

Se realizó reconocimiento de agujero con descenso libre hasta 1300 m, a esta profundidad se realizó un viaje corto y a 1180 m ocurrió un atrape, por lo que se circuló con volúmenes de EZ mud, lignito y aire. Luego de varios intentos la herramienta fue liberada, recuperando hasta los 1000 m. Se realizó un nuevo reconocimiento hasta 1200m, durante el viaje ocurrió un nuevo atrape a la misma profundidad (1180 m). Luego de varias maniobras, la sarta fue liberada.

Debido a los dos atrapes ocurridos durante el reconocimiento se recuperó herramienta y se descendió con tubería franca, colocándose un tubo con corte inclinado en el extremo de la misma. La tubería fue descendida hasta 1408 m, pues se encontró resistencia. Para aminorar la resistencia y lubricar el agujero de 8½", se inyectó 3 m³ de solución EZ mud, lignito y aire sin ningún resultado. Al fondo se depositaron 11 m³ de solución, equivalentes a una columna de 300 m en agujero de 8½", con la finalidad de lubricar el agujero. Posteriormente se recuperó herramienta a superficie.

3.5.1 Corrida de tubería 7"

La corrida de tubería de 7" O.D, rosca buttress, fue realizada el día 12 de septiembre, el arreglo de la misma fue conformado por 34 tubos ranurados con longitud total de 454.23 m y cuatro ciegos con longitud 52.29 m. La zapata y colgador fueron colocados a 1404 y 897.5 m respectivamente. La operación de descenso duró aproximadamente 6.5 hrs. Finalizado el descenso, se quebró tubería de 5" de diámetro.

El arreglo de tubería se muestra en el siguiente cuadro.

ARREGLO DE TUBERIA RANURADA 7" POZO AH - 34 A

No.	DESCRIPCION	LONGITUD	LONG. ACUM	CENTRALIZADOR	PROF. INF.
1	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.58	13.58		1425.93
2	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.45	27.03		1412.35
3	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.43	40.46		1398.9
4	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.35	53.81		1385.47
5	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.55	67.36		1372.12
6	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.6	80.96		1358.57
7	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.66	94.62		1344.97
8	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.05	107.67		1331.31
9	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.7	121.37		1318.26
10	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.15	134.52		1304.56
11	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.43	147.95		1291.41
12	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.46	161.41		1277.98
13	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.88	175.29		1264.52
14	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.17	188.46		1250.64
15	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.2	201.66		1237.47
16	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.85	215.51		1224.27
17	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.41	228.92		1210.42
18	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.16	242.08		1197.01
19	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.3	255.38		1183.85
20	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.28	268.66		1170.55
21	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.62	282.28		1157.27
22	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.07	295.35		1143.65
23	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	12.95	308.3		1130.58
24	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	12.95	321.25		1117.63
25	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.23	334.48		1104.68
26	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.62	348.1		1091.45
27	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	12.55	360.65		1077.83
28	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.36	374.01		1065.28
29	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.41	387.42		1051.92
30	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.26	400.68		1038.51
31	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.28	413.96		1025.25
32	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.35	427.31		1011.97
33	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.7	441.01		998.62
34	Tubería ranurada 7" O.D. 26 lb/ft	13.4	454.41		984.92
35	Tubería ciega 7" O.D. 26 lb/ft	12.93	467.34		971.52
36	Tubería ciega 7" O.D. 26 lb/ft	13.4	480.74		958.59
37	Tubería ciega 7" O.D. 26 lb/ft	12.97	493.71		945.19
38	Tubería ciega 7" O.D. 26 lb/ft	12.99	506.7		932.22

3.6 Estimulación de pozo.

Finalizado el desmontaje de los preventores, la instalación de la válvula maestra, y otros arreglos necesarios para la estimulación del pozo mediante el método air lift, el personal de CEL procedió a realizar un registro de presión y temperatura. Finalizadas las mediciones, se procedió a descender tubería de 3½" O.D. hasta una profundidad de 998 m. Las actividades de inducción se iniciaron el día 15 de Septiembre, para ello se incrementó paulatinamente el flujo de aire de 300 a 1000 CFM.

Debido a desperfectos en la bomba centrífuga, la inducción del pozo fue continuada a 500 CFM, a tal flujo de aire el pozo dejó de fluir.

Al finalizar la reparación de la bomba se incrementó de nuevo el flujo de aire a 1000 CFM, por lo que el pozo continuó fluyendo. El día 16 de Septiembre ocurrió una nueva falla en la bomba, por lo que la estimulación fue suspendida nuevamente, en esta ocasión el pozo se mantuvo fluyendo a pesar de haber eliminado por completo el flujo de aire. Finalizadas las reparaciones correspondientes se reanudó la inducción del pozo a 1000 CFM.

El día 19 de Septiembre se redujo paulatinamente el flujo de aire de 1000 a 0.0 CFM, con decrementos de 100 CFM cada media hora. Al reducir por completo el caudal de aire el pozo se mantuvo fluyendo, manteniendo esta condición.

El día 21 de Septiembre, fecha en la cual finalizaban las actividades de estimulación, se cerró la válvula de control de flujo, observándose un incremento en la presión de cabezal hasta 70 psi, inicialmente se inyectó por la tubería de perforación un flujo de 5 l/s, manteniéndose la presión por lo que este fue incrementado a 13 l/s, con este caudal la presión descendió hasta cero. Se bombeó un volumen de 34 m³, mostrando el pozo indicios de fluir naturalmente, por tal razón se continuó la inyección de agua a 10 l/s por dos horas. Seguidamente se inyectó agua por el espacio anular con un caudal de 5 l/s.

Se recuperó y quebró 998 m de tubería de 3½", dando así por finalizadas las actividades del pozo AH-34 A, el día 21 de Septiembre a la 21:00 hrs.

Los parámetros de inducción se muestran en la siguiente tabla:

FECHA	HORA	PRESION (psi)	CAUDAL (kg/seg)	TEMPERATURA (°C)	FLUJO DE AIRE (CFM)	
15/09/97	14:15-14:30				300-500	
	14:30-15:00				800-1000	
	15:00				1000	
	16:00				1200	
	17:00		17.8	91.2	1200	
	17:30-18:00		17.8	91.2	1000	
	19:00	25	20	93	1000	
	20:00-21:00	25	8-10	93	1000	
	22:00	25	23	93	1000	
	23:00	25	8	93	1000	
	Problemas	con bomba		centrífuga		

16/09/97	2:00-3:00	25	8-13	93	1000
	4:00	25	20	93	1000
	5:00	25	8	93	1000
	6:00	25	20	93	1000
	7:00-9:45	25	13-17	93	1000
	Problemas	con bomba	centrífuga		
	15:30-15:45	25	0	0	900-1000
	15:45-18:00	0	5.0-8.0	93	0
	18:00-24:00	30-35	10-20	93	1000
17/09/97	0:00-6:00	30-35	8-10	93	1000
	7:00-12:00	30-40	8-16	93	1000
	12:00-22:00	30-45	8	94	1000
	22:00-24:00	35-45	7.5-8.5	94	1000
18/09/97	0:00-17:00	35-45	10	96	1000
	17:00-24:00	30-50	10.4	93	1000
19/09/97	0:00-11:00	30-40	16.6	96	1000
	11:30	30-40	24	96	900
	12:00	30-50	24	96	800
	12:30	30-50	24	96	700
	13:00	30-40	20.8	96	600
	13:30	30-40	21	96	500
	14:00	30-40	21	96	400
	14:30	40-45	26	96	300
	15:00	30-40	24	97	200
	15:30	20	11.5	97	100
	16:00-24:00	25-26	16.6	97	0
20/09/97	0:00-11:00	26-27	17.8-18.9	97	0
	11:00-17:00	27-27.5	18.7-20.8	98	0
	17:00-24:00	28	18.8-20.8	98	0
21/09/97	0:00-7:15	27.5-28	20.8	98	0

4.0 SARTAS DE PERFORACION UTILIZADAS POR ETAPAS

4.1 Primera etapa (Agujero de 26")

	Diámetro externo	Rosca
Barrena	26"	7 5/8" Reg.
Porta barrena		7 5/8" Reg.
Estabilizador	26"	7 5/8" Reg.
Barra de peso	11 1/4"	7 5/8" Reg.
Estabilizador	26"	7 5/8" Reg.
2 barras de peso	11 1/4"	7 5/8" Reg.

Combinación

7 5/8" Reg. x 4 1/2" IF

4.2 Segunda etapa (Agujero de 17 1/2")

	Diámetro externo	Rosca
Barrena	17 1/2"	7 5/8" Reg.
Porta barrena-estabilizador	17 1/2"	7 5/8" Reg.
Barra de peso	11 1/4"	7 5/8" Reg.
Estabilizador	17 1/2"	7 5/8" Reg.
4 barras de peso	11 1/4"	7 5/8" Reg.
Combinación		7 5/8" Reg. x 4 1/2" IF
Tubería de perforación	5"	4 1/2" IF

Nota: Debido a daño en caja y pin en dos barras de peso de 11 1/4", estas fueron sustituidas cinco de diámetro 8". Posteriormente se agregaron cuatro barras de 8", haciendo en total nueve de 8" y dos de 11 1/4".

4.3 Tercera etapa (Agujero de 12 1/4")

Sección vertical

	Diámetro externo	Rosca
Barrena	12 1/4"	6 5/8" Reg.
Porta barrena		6 5/8" Reg.
Estabilizador	12 1/4"	6 5/8" Reg.
Barra de peso	8"	6 5/8" Reg.
Estabilizador	12 1/4"	6 5/8" Reg.
10 barras de peso	8"	6 5/8" Reg.
Combinación		6 5/8" Reg. x 4 1/2" IF
Tubería de perforación	5"	4 1/2" IF

Sección desviada (sarta con motor de fondo)

	Diámetro externo	Rosca
Barrena	12 1/4"	6 5/8" Reg.
Motor de fondo	7 3/4"	6 5/8" Reg.
Bent sub (2.00 DEG.)		6 5/8" Reg.
Adaptador doble pin		6 5/8" Reg.
Válvula baker	8"	6 5/8" Reg.
Orienting sub	8"	6 5/8" Reg.
Barra de peso antimagnética	8"	6 5/8" Reg.
3 barras de peso	8"	6 5/8" Reg.
Combinación		6 5/8" Reg. x 4 1/2" IF
Tubería de perforación	5"	4 1/2" IF

Sección desviada (sarta empacada)

	Diámetro externo	Rosca
Barrena	12 1/4"	6 5/8" Reg.

Porta barrena-estabilizador	12¼"	6 5/8" Reg.
Barra de peso antimagnética	8"	6 5/8" Reg.
8 barras de peso	8"	6 5/8" Reg.
Combinación		6 5/8" Reg. x 4½" IF
Tubería de perforación	5"	4½" IF

4.3 Cuarta etapa (Agujero de 8½")

Sección desviada (sarta empacada)

	Diámetro externo	Rosca
Barrena	8½"	4 ½ Reg
Porta barrena-estabilizador	8½"	4 ½" Reg x 4" IF
Combinación		4" IF x 4½" IF
Barra de peso antimagnética	6 ¼"	4 ½" IF
Combinación		4 ½" IF x 4" IF
12 Barras de peso	6 ¼"	4 IF
Combinación		4" IF x 4 ½" IF
6 tubos de perforación heavy weight	5"	4 ½" IF
Tubería de perforación	5"	4 ½" IF

Sección desviada (motor de fondo)

	Diámetro externo	Rosca
Barrena	8½"	4 ½ Reg
Motor de fondo	6½"	4 ½" Reg
Combinación		4 ½" Reg x 4½" IF
Bent sub (1.50 DEG)		4 ½" IF
Válvula Baker	6 ½"	4½" IF
Orienting sub	6 ½"	4½" IF
Barra de peso antimagnética	6 ¼"	4 ½" IF
Combinación		4 ½" IF x 4" IF
3 Barras de peso	6 ¼"	4 IF
Combinación		4" IF x 4 ½" IF
6 tubos de perforación heavy weight	5"	4 ½" IF
Tubería de perforación	5"	4 ½" IF

INTERPRETACION PRELIMINAR DE LAS CORRELACIONES LITOESTRATIGRAFICAS DE POZOS CON LOS EPISODIOS VOLCANICOS REFLEJADOS EN SUPERFICIE.

ESTRATIGRAFIA REGIONAL

Las rocas que afloran en el área de Ahuachapán se relacionan, desde el punto de vista estratigráfico, con dos formaciones volcánicas que son la Formación Bálsamo, que tiene una edad Pliocénica, y la Formación San Salvador de edad Plio-Pleistoceno- Holocénica.

La Formación Bálsamo junto con las Andesitas de la Sierra de Tacuba y posiblemente interdigitado con la base de los edificios volcánicos Empalizada-Apaneca, constituyen el basamento regional de la estratigrafía reciente.

Formación Bálsamo

Esta formación caracteriza los relieves de la Sierra de Tacuba - Empalizada y representa el basamento de la formación San Salvador. Tiene una edad mayor de 2.8 m.a.

La sucesión estratigráfica de la Formación Bálsamo, se puede sintetizar de la siguiente manera, comenzando de lo más antiguo a lo más reciente:

a. Alternancia de brechas volcánicas y derrames lávicos, conocidos como aglomerados antiguos (OA Old Agglomerates), que presentan un espesor estimado en 1000 metros. Este miembro está constituido por depósitos desordenadamente estratificados, con una matriz piroclástica conteniendo fragmentos andesíticos angulares, de diámetro inferior a los 20 cm.

b. Sucesión de derrames andesíticos, que se alternan con brechas andesíticas y andesitas fracturadas debido a esfuerzos tectónicos que podrían formar parte de la base de los edificios volcánicos Empalizada-Apaneca, actividad que culminó con la formación de una estructura caldérica denominada Concepción de Ataco, cuyo remanente se observa al este del campo.

Los estudios realizados, en lo que respecta a la evolución volcánica del Sistema Geotermico Ahuachapán-Chipilapa, asociados a la formación de la Caldera de Concepción de Ataco, reconocen tres ciclos principales, que se inician en el Pleistoceno:

1. Ciclo pre-caldérico, el cual está representado por formaciones lávicas, que tienen una composición que varía de intermedia a básica, asociados al grupo Empalizada Apaneca y Cuyanausul, que a su vez poseen una edad estimada entre 0.7 m.a. y 1.7 m.a. Cabe mencionar que los centros de emisión parecen estar alineados a lo largo de una estructura semicircular, que podría estar relacionada a una paleo-caldera.
2. Ciclo caldérico, en el que se formó la caldera de Concepción de Ataco hace aproximadamente 0.7 m.a., como consecuencia de una serie de eventos explosivos,

cuyos productos, que alcanzaron un volumen de 21 km^3 , cubrieron un área de más o menos 700 km^2 . En el mismo interior de la caldera se llevaron a cabo reactivaciones subsecuentes, con la expulsión del piroclástico "Cebra" y resurgimiento de domos dacíticos pequeños.

3. Ciclo post-caldérico, compuesta por erupciones volcánicas asociadas a los depósitos de la Formación San Salvador, el cual tiene una edad inferior a 0.1 m.a. y su principal actividad corresponde a la formación de una cadena volcánica (Laguna Verde-Laguna Las Ninfas), que se prolonga a lo largo de un eje neo-volcánico orientado del SO-NE, con una emisión de productos cercana de 7 km^3 . La composición de estos materiales corresponde a andesitas intermedias y dacitas subordinadas.

Formación San Salvador

La sucesión estratigráfica de estos productos, de lo más antiguo a lo más reciente, es la siguiente:

a. Andesitas de Las Ninfas: Pertenecen también a esta sucesión cuerpos andesíticos macizos consistentes en lavas porfíricas frescas extremadamente fracturadas, que sobreyacen en discordancia a la Formación Bálsamo. Pertenecen al Plio-Pleistoceno y su edad aproximada es menor a $2.8 \pm 0.4 \text{ m.a.}$

b. Andesitas Laguna Verde: son lavas fluidales de textura microcristalina, porfídica a aglomerática con matriz hialopilitica que emitieron los volcanes Las Ninfas y Laguna Verde en su etapa final, extendiéndose ampliamente hacia el valle que forma el Graben Central.

c. Depósitos Hoyo del Cuajuste: corresponden a materiales de avalancha detritica, tipo "debrí" y bloques líticos de tamaño variable, angulosos y compactados por una matriz de ceniza color café que predomina sobre los líticos. Estos materiales sobreyacen las lavas de los volcanes Laguna Verde y Las Ninfas

Interpretación de los Eventos Volcánicos

La caldera de Concepción de Ataco-Ahuachapán, con su magmatismo efusivo asociado no posee actualmente ningún interés geotérmico. Las explosiones freáticas de los volcanes Laguna Verde-Las Ninfas-Hoyo de Cuajuste, que se encuentran alineados en el borde sur del graben central, corresponden a una fase hidrotermal postmagmática.

Los eventos volcánicos relacionados con la caldera de Concepción de Ataco-Ahuachapán, se pueden detallar de la siguiente manera:

- La evolución de esta caldera fue precedida por el surgimiento de los edificios de La

Empalizada y El Cuyanausul. Los datos radiométricos indican que el primero tiene una edad aproximada de 0.7 m.a., este se considera como el primer episodio magmático asociado con el evento caldérico de Concepción de Ataco-Ahuachapán.

La extensión de los productos piroclásticos de la caldera tiene un diámetro de 5 km, los cuales se han diferenciado en productos proximales, distales y de caída. Se presume que su emisión fue hacia el norte y noroeste, cubriendo un área de 20 a 28 km².

- Posterior al colapso caldérico, ocurrió una evacuación de materiales de composición básica a intermedia, que se mezclaron con los piroclastos ácidos existentes, con lo cual se originaron los piroclastos Cebra. El cráter producido por esta erupción se encuentra en el extremo este del colapso mayor. Es de mencionar que los espesores de este evento no superan los 25 metros y su distribución es local.

- Continúa el vaciado de la cámara magmática y se originan los volcanes de Oro, Las Ninfas y Laguna Verde. Los dos últimos culminaron su actividad con lavas basálticas fluidales, salidas de su flanco norte.

- El ciclo caldérico y magmático de la región termina con el apareamiento de los últimos domos y diques. La edad de los domos que afectan El Cuyanausul es de 0.098 ± 0.0098 m.a. Si se hace una comparación de la edad del primer evento magmático de La Empalizada, que es de 0.7 ± 1.4 m.a., con el último que corresponde a los domos de El Tortuguero de edad 0.1 ± 0.06 m.a., se llega a la conclusión de que la cámara magmática es bastante joven, por lo que está en capacidad de aportar calor.

Con base a esta evolución vulcanológica, se puede atribuir la fuente de calor del sistema geotérmico a una combinación de dos situaciones magmatológicas distintas :

1. La cámara magmática relacionada a los productos que originaron el colapso caldérico, posee un gran tamaño y una profundidad limitada, pero debido a su edad relativamente antigua ha contribuido marginalmente en generar la anomalía térmica.
2. La cámara magmática que está relacionada con los volcanes Laguna Las Ninfas-Laguna Verde, es muy reciente y probablemente somera, por lo que representa la principal fuente de calor del sistema.

CORRELACION LITOSTRATIGRAFICA CON MATERIALES SUPERFICIALES

Actualmente con los resultados de la revisión de la litoestratigrafía encontrada en los pozos productores del norte y centro del campo y recientemente encontrada en los pozos perforados en la zona norte (AH-4 bis) y sur (AH-34, AH-34 A y AH-33 A) del campo, se ha observado que la mayoría de los pozos de producción perforados en el norte del campo de Ahuachapán interseccionaron la zona productora en el techo de la unidad litoestratigráfica definida como Tobas, Andesitas y Brechas Volcánicas entre +300 y +200 m.s.n.m. y entre +100 y -200 m.s.n.m. en la parte central y sur del campo, estas litologías probablemente

corresponden a la Formación Bálamo.

En la mayoría de los pozos el techo de esta unidad está constituida por una secuencia piroclástica compuesta de toba fina, toba lítica, toba de lapilli escoriáceo y toba aglomerática con delgadas capas de lava andesítica. El espesor de esta unidad varía de 100 a 300 m. Seguidamente se encuentra subyaciendo a las tobas una secuencia de lavas andesíticas, porfíricas alteradas hidrotermalmente, altamente fracturada cuyo espesor promedio probablemente es de 300 m. Al final se observan las brechas volcánicas con abundante lítico lávico y fracturamiento bajo.

La información litológica recopilada de pozos adyacentes permiten inferir que la zona productora a encontrar en el pozo direccional AH-33 B, orientado hacia el S60°O, es parte del mismo sistema geotérmico identificado al sur del campo y de acuerdo a las correlaciones realizadas con pozos cercanos, presentará información litológica similar desde 0 a 1000 m de profundidad similar a la encontrada en el pozo AH-33 A y de 1000 m a 1500 m MD, la litología y propiedades termodinámicas serán similares a las encontradas en los pozos AH-32 y AH-34.

De acuerdo a las correlaciones litológicas entre los pozos ubicados en el norte, centro y sur del campo, se puede observar que el techo de la zona productora corresponde a una unidad de Andesitas porfíricas correspondiente probablemente a la Formación El Bálamo, antes denominada Aglomerados Antiguos (OA Old Agglomerates).

En los pozos del sur, esta unidad se encuentra a niveles más profundos entre 900 a 1000 m de profundidad (0 a -100 m.s.n.m.), por lo que se deduce que el techo del reservorio en el pozo desviado AH-33 B, se encontrará también a niveles profundos en el orden de los 0 a -100 m.s.n.m.

ACTUALIZACION DE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL DEL CAMPO GEOTERMICO AHUACHAPAN-CHIPILAPA

La estructura geológica del Campo Geotérmico de Ahuachapán-Chipilapa ha sido estudiada tanto por CEL como por diferentes consultores internacionales (ELC, LBL, IIE, CFG), quienes presentaron individualmente mapas estructurales del área. Debido a que los mapas difieren entre sí, CEL ha realizado recientemente (sept. 97) una revisión de todos los mapas anteriores, apoyándose en estudio fotogeológico y revisión de campo a fin de obtener una versión que muestre solamente las estructuras que presenten evidencias claras de su existencia, ya sea mediante rasgos morfológicos en el campo o por correlación de perfiles litológicos entre algunos pozos considerados únicamente para este fin y por estudios geofísicos mediante la aplicación del método Head On.

En el campo se han identificado los siguientes sistemas de fallas:

- Sistema ENE y EC: Son fallas normales de expresión regional que controlaron la formación del graben Centroamericano. Los sistemas volcánicos de actividad post-Pliocénica se ubican a lo largo de esta dirección tectónica y en el borde sur del graben.
- Sistema NNE: Se observan muy bien al noroeste y oeste de Ahuachapán. Aparentemente este sistema se ha reactivado en un período reciente, tal como lo demuestran las fallas que afectan a los cráteres de los volcanes más jóvenes (Hoyo del Cuajuste).
- Sistema NO: Son fallas normales las cuales son mucho más visibles en la parte suroeste del área. Las direcciones y buzamientos preferenciales son N130-150°/70-89° NE.
- Sistema NE: Está constituido por fallas que tienen un rumbo de 35-45°, con planos de inclinación subverticales orientados hacia el sureste, que varían de 83-89°.

ACTUALIZACION DEL MAPA ESTRUCTURAL

Las fallas que se presentan en el mapa comprenden:

1. Las observadas únicamente por medio de interpretación fotogeológica
2. Las comprobadas tanto en fotografías aéreas, e identificadas por reconocimiento efectuadas en el campo.
3. Las inferidas por prolongación de trazos, por correlaciones litológicas y por medio de métodos indirectos como el Head On.
4. Fallas cubiertas, cuyos trazos no se observan en superficie.

Para efectos de control se procedió a dar nombre a las fallas principales, de acuerdo al siguiente detalle:

1. Las que pertenecen al sistema noroeste, las cuales son las siguientes:

Los Ausoles, La Providencia, La Planta, Buenavista, Oriental, Talpetate, Tacubita, Escalante.

2. Las que pertenecen al sistema noreste, que son las siguientes:

Los Magueyes, El Carmen, La Providencia, Santa Isabel, Los Amates, La 35, Chipilapa, San Carlos, San Juan, La Productora.

3. Las que pertenecen al sistema noreste:

Santa Rosa, Las Cruces, San José, Argentina.

Por medio del método Head On se confirmaron las fallas La Providencia (perfil 4 y 5), La Planta (perfil 3 y 4), Buenavista (perfil 1), San Juan (perfil 3), La 35 (perfil 3), San José (perfil 3).

De acuerdo a los resultados obtenidos en las perforaciones y a los estudios antes mencionados, se estima que el sistema de fallas noroeste actúa como conductor de fluidos geotérmicos. Este sistema está constituido por fallas normales, como producto de esfuerzos distensivos perpendiculares a la dirección de las fallas, mientras que el sistema noreste actúa como barrera hidrológica, ya que se infiere han sido formadas por esfuerzos compresivos.

Las fallas La Planta y Buenavista al igual que el sistema de fallas cercanas con orientación NNO-SSE, forman un corredor de aproximadamente 1.5 km de ancho, que permite el movimiento de fluidos calientes desde su recarga localizada bajo el grupo volcánico Laguna Verde, hasta su descarga natural en las fuentes de El Salitre. Toda la zona de fallas permite delimitar un graben con intenso fracturamiento el cual es el responsable de la circulación de los fluidos calientes. El pozo AH-33B, orientado hacia el S60°O en dirección de la falla La planta y cercano al pozo productor AH-32, permitirá intersectar una zona fracturada similar y extraer fluidos calientes con temperaturas del orden de 240-250°C.

PLAN DE POZO AH-33 B DIRECCIONAL AL S60°O CAMPO GEOTERMICO DE AHUACHAPAN

UBICACION :

COORDENADAS	: Iniciales	309,719.20 m N	412,661.36 m E
	Finales		
Elevación	: 917.20 m	Direccionalidad	: S60°O
Profundidad vert. final	: 1300 - 1400 m	Desplazamiento horizontal:	543 m
Profundidad desarroll.	: 1500 -1550 m		
No. DE TESTIGOS	: 3 (Principio de pérdida total, en medio y al final del reservorio)		

OBJETIVO

Elaborar un plan para el pozo AH-33B que contenga la estrategia y secuencia lógica de perforación de un pozo direccional orientado hacia el S60°O.

Evaluar la zona sur y sur-oeste de la actual zona de producción para fines de generación eléctrica cercana al pozo productor AH-32.

META

Disponer de un plan estratégico que sea una guía para el seguimiento de la perforación, que con la información existente, establezca un objetivo de perforación y un diseño del pozo que permita intersectar el reservorio comercial desde los 900 m a 1500 m de profundidad desarrollada, y obtener una producción alrededor de 5 Mwe, similar al pozo AH-32. El Departamento de perforación, perforará el pozo en un tiempo de aproximadamente 68 días, en cuatro etapas iniciando con un agujero de 26" de diámetro y terminando con una tubería de producción de 9 5/8" de diámetro y la tubería ranurada de 7" de diámetro hasta una profundidad vertical máxima de 1400 m y una profundidad desarrollada de 1500 m.

CRITERIOS DE UBICACION

GEOLOGICOS

Actualmente con los resultados de la revisión de la litoestratigrafía encontrada en los pozos productores del norte y centro del campo y recientemente encontrada en los pozos perforados en la zona norte (AH-4 bis) y sur (AH-34, AH-34 A y AH-33 A) del campo, la mayoría de los pozos perforados de producción en Ahuachapán intersectaron la zona productora en el techo de la unidad litoestratigráfica definida como Tobas, Andesitas y Brechas Volcánicas entre los +300 y +200 m.s.n.m. en el norte del campo y entre +100 y

-200 m.s.n.m. en el centro y sur del campo, correspondiente probablemente a la Formación El Bálsamo.

En la mayoría de los pozos el techo de esta unidad está constituida por una secuencia piroclástica compuesta de toba fina, toba lítica, toba de lapilli escoriáceo y toba aglomerática con delgadas capas de lava andesítica. El espesor de esta unidad varía de 100 a 300 m. Seguidamente se encuentra subyaciendo a las tobas una secuencia de lavas andesíticas, porfiríticas alteradas hidrotermalmente, altamente fracturada cuyo espesor promedio probablemente es de 300 m. Al final se observan las brechas volcánicas con abundante lítico lávico y fracturamiento bajo.

La información litológica recopilada de pozos adyacentes permiten inferir que la zona productora a encontrar en el pozo direccional AH-33 B, orientado hacia el S60°O, es parte del mismo sistema geotérmico identificado al sur del campo y de acuerdo a las correlaciones realizadas con pozos cercanos, presentará información litológica similar desde 0 a 1000 m de profundidad similar a la encontrada en el pozo AH-33 A y de 1000 m a 1500 m MD, la litología y propiedades termodinámicas serán similares a las encontradas en los pozos AH-32 y AH-34. Ver figura No.1, 2 y 3.

De acuerdo a las correlaciones litológicas entre los pozos ubicados en el norte, centro y sur del campo, se puede observar que el techo de la zona productora corresponde a una unidad de Andesitas porfiríticas correspondiente probablemente a la Formación El Bálsamo, antes denominada Aglomerados Antiguos (OA Old Agglomerates). En los pozos del sur, esta unidad se encuentra a niveles más profundos entre 900 a 1000 m de profundidad (0 a -100 m.s.n.m.), por lo que se deduce que el techo del reservorio en el pozo desviado AH-33 B, se encontrará también a niveles profundos en el orden de los 0 a -100 m.s.n.m.

El Grupo del Panel Consultivo del BID, en la sexta reunión en julio de 1995, ubicó este lugar y lo clasificó como prioritario para la perforación de pozos direccionales con fines de producción.

TERMODINAMICOS

Las fallas La Planta y Buena Vista al igual que el sistema de fallas cercanas con orientación NNO-SSE, forman un corredor de aproximadamente 1.5 km de ancho, que permite el movimiento de fluidos calientes desde su recarga localizada bajo el grupo volcánico Laguna Verde, hasta su descarga natural en las fuentes de El Salitre. Toda la zona de fallas permite delimitar un graben con intenso fracturamiento el cual es el responsable de la circulación de los fluidos calientes. El pozo AH-33B, orientado hacia el S60°O en dirección de la falla La planta y cercano al pozo productor AH-32, permitirá intersectar una zona fracturada similar y extraer fluidos calientes con temperaturas del orden de 240-250°C

El pozo vertical AH-32 ubicado a poca distancia del AH-33 B, presenta las temperaturas

estáticas de formación más altas del campo y presenta una zona convectiva a partir de los 0 a - 100 m.s.n.m. (entre 900 a 1000 m de profundidad), lo que puede indicar que en el área existe permeabilidad a partir de ésta profundidad y que fluidos calientes se desplazan en las cercanías de estos pozos.

No así en la zona del pozo AH-34 vertical, en la cual la zona productora encontrada en el pozo AH-32 se encontró a la profundidad de 900 - 1000 m (de 0 a -100 msnm), no se encontraron las temperaturas esperadas, sino únicamente se observaron pérdidas parciales y totales intermitentes de circulación a partir de los 860 m de profundidad hasta los 1000 m. Y no fue sino hasta después de los 1100 m y 1350 m que se atravesó una zona completamente permeable y de alta temperatura. En el perfil de recuperación térmica del pozo, se puede evidenciar a la profundidad de 860 a 1000 m, la presencia de un acuífero con anomalía termal de menor temperatura que oscila entre 180 a 200°C, mientras que la zona convectiva importante del orden de 240-250°C, fue encontrada desde los 1100 a 1350 m.

Por otro lado, el pozo direccional AH-33 A y AH- 18 vertical ubicados a aproximadamente 500 m al este de los pozos AH-32 y AH-34, aún presentando las temperaturas más altas medidas en el campo y con la presencia de una zona convectiva a partir de los 50 m.s.n.m. hasta el fondo del pozo, no tienen características de producción, debido a una baja permeabilidad la cual se ve reflejada en el bajo índice de inyektividad del orden de 2.5 lts/s.bar. Con los resultados de la recuperación térmica de estos pozos, se deduce que en las cercanías de este pozo, se desplazan fluidos calientes.

El pozo AH-33 B, se ha orientado hacia el SO, con el fin de intersectar el estrato productor que alimentaba al pozo AH-32, el cual después de su intervención por problemas de incrustación de calcita y de un Side Track no recuperó sus condiciones de producción original de 5 Mwe. El pozo AH-32 original según se muestra en la gráfica, intersectó un acuífero permeable entre los 900-1000 m de profundidad (0 a -100 msnm), mostrando una inversión en el fondo del pozo. El pozo presenta altas temperaturas y un buen índice de inyektividad de 4.5 lts-s.bar

Se espera que para el AH-33 B, el techo del reservorio (con alta permeabilidad y alta temperatura) se encuentre cercano a los 0 m de elevación, debido a que se ha orientado hacia el AH-32, de tal manera que se espera obtener un comportamiento similar. Por otro lado, se puede dar el caso que el pozo AH-33 B, presente características similares a las del pozo AH-33 A y AH-18, debido a que a casi 0 m.s.n.m. (900 m de profundidad), se tiene un desplazamiento horizontal pequeño del orden de 200 m. En este caso, se puede inferir que el techo del reservorio podría encontrarse a una mayor profundidad, es decir entre los 1000 m a 1400 m (-100 y -400 m.s.n.m.).

Es necesario que en los primeros 1000 m de perforación, se lleve un seguimiento continuo y correlación de la litología del pozo AH-33 B con los otros pozos cercanos, a fin de que se pueda conocer anticipadamente que características geológicas y termodinámicas puede llegar a tener el pozo mucho antes de finalizar la perforación.

En caso de que se comporte similar al pozo direccional AH-34 A, el cual presenta

actualmente resultados más prometedores, las expectativas serán mucho más satisfactorias, ya que altas temperaturas y buena permeabilidad podrían alcanzarse a los 0 m.s.n.m..

En conclusión las expectativas productoras del pozo direccional AH-33 B, orientado hacia el suroeste, se derivan de la posibilidad de encontrar similar permeabilidad y temperatura que en el AH-32 y AH-34 A. Con esta condición este pozo podría producir entre 5-6 MWe con una entalpía entre 1000-1100 kJ/kg. La posible extensión del reservorio hacia el suroeste se verificará con los resultados de este pozo.

GEOFISICOS

Los estudios geoelectricos identifican dos conductores, el techo del primer conductor se localiza entre 130-400 m de profundidad el cual está correlacionado con el acuífero regional saturado. y el segundo conductor aparece a partir de los 500 m y se correlaciona con el techo del reservorio productor de Ahuachapán.

Las prospecciones realizadas enfocan que la zona donde se localiza este pozo, es parte del reservorio de Ahuachapán, asociado a un conductor profundo entre 800 y 1300 m de profundidad.

El conductor profundo relacionado al reservorio presenta un comportamiento controlado por los sistemas estructurales. Se extiende bajo el volcán Laguna Verde hacia el sur de la falla Escalante, al norte y noroeste por la zona productora hasta la zona de la Labor donde su rumbo cambia al norte. El límite oeste del conductor está determinado por la falla Los Ausoles.

HIDROGEOLOGIA

La dirección de los fluidos profundos que alimentan el campo proviene del suroeste de la cuenca del Río Asino, emigrando hasta la zona de explotación del campo. Hacia el norte estos fluidos se mezclan con aguas provenientes de los acuíferos semiconfinados y afloran en las fuentes de El Salitre.

No se descarta de que el agua meteórica que se infiltra en el flanco noroeste de la Laguna de La Ninfas y el Hoyo del Cuajuste emigre hacia el noroeste, la cual es controlada por el fallamiento con dirección NO-SE.

De acuerdo a cálculos y mediciones de la red meteorológica, el 17.5% (8.3 millones m³) del agua lluvia se infiltra hacia los acuíferos de la zona hasta llegar posiblemente al reservorio.

GEOQUIMICOS

Los fluidos del reservorio del campo geotérmico de Ahuachapán se han definido inicialmente como fluidos del tipo clorurado con un contenido variable de cloruros entre 7,000-10,000 ppm, 500-600 ppm de sílice, pH alrededor de 7 y un contenido de gases incondensables del orden de 0.1-0.2 % en peso.

El modelo conceptual inicial de flujo, identificó movimientos de fluidos de mayor salinidad desde el SE hacia el NO. Las geotemperaturas estimadas fueron del orden de 235-260 °C lo que implicaba zonas de recarga más calientes que las temperaturas medidas.

Con la explotación, los parámetros que caracterizaron al reservorio mostraron algunos cambios significativos. Es decir, los cloruros del reservorio disminuyeron en algunos casos desde 7,000-10,000 hasta 5,500-9,000 ppm, contenidos de sílice bajaron hasta 350-500 ppm, mientras que el contenido de gases incondensables aumentó desde 0.3 hasta un máximo de 1% en peso. Las geotemperaturas, por otra parte, se han mantenido más o menos constantes a excepción de la de sílice la que ha mostrado en los últimos años una disminución hasta 205-210 °C, lo cual está en correspondencia con las temperaturas actualmente medidas.

Asimismo el modelo conceptual de flujo actual, indica un ligero desplazamiento hacia el SO de acuerdo a la distribución en planta de los cloruros y geotemperaturas de sílice y sodio-potasio-calcio.

Los datos obtenidos durante la descarga de los pozos y el monitoreo de los cloruros y otras especies químicas, ha permitido observar el declinamiento en los mismos debido principalmente al proceso de dilución con aguas relativamente frías ocurrida en todos los pozos productores. Este comportamiento no se observa en el pozo AH-6, el cual presenta una tendencia a incrementarlos hasta 1992. Luego se observa que estos valores declinan hasta valores similares y un poco menores que los reportados en su estado inicial, lo cual está estrechamente ligado a la evolución de la entalpía.

Los pozos AH-21 y AH-24 presentan más o menos una tendencia constante alrededor de 9000 ppm y el pozo AH-20 con \pm 6000 ppm para todo su historial, mientras que los pozos restantes exhiben declinamiento gradual.

La distribución actual de cloruros del reservorio, indica que el movimiento de fluidos de mayor salinidad se ve más pronunciado al SSO, debido probablemente a un desplazamiento de un fluido de menor salinidad que proviene del NE y SE. Esto parece indicar que probablemente la zona de surgencia detectada inicialmente en el SE, está siendo enmascarada por la presencia de otro tipo de fluidos, lo que hace que el aporte de fluidos desde la zona SO, se observe con más claridad. Esto podría indicar que esta zona ha sufrido menor influencia de la mezcla o dilución, lo cual es muy notable en el noreste y sureste del campo.

De acuerdo al estado natural del campo, la distribución de los cloruros del fluido, decrece en salinidad desde el oeste hacia el este y según LBL (1989) ya estaban influenciados por fenómenos de mezcla, lo cual se comprueba al tratar de correlacionar los datos de

temperatura medida en los pozos. Sin embargo, desde el punto de vista geoquímico más parece ser que tanto en el estado inicial como en el actual, la principal zona de surgencia de fluidos está localizada en la parte sur-sureste del campo, sitio en el cual se encuentra ubicado el pozo AH-33 B.

SEGUIMIENTO DEL PLAN

PRIMERA ETAPA

La zapata de la primera etapa está programada para ser anclada entre 40-50 m de profundidad, iniciando con barrena de 26", no se ha definido el uso de martillo para este pozo. Esta zona presentará pérdidas parciales, debidas al manto freático de agua, las cuales deberán ser selladas y cementadas. Las pérdidas de circulación más importantes se presentarán posiblemente entre los 30-40 m de profundidad. Debido a que aproximadamente existe 100 m de espesor con pérdidas parciales, debe tenerse el cuidado de anclar esta etapa en una zona con menos pérdidas.

De acuerdo a la litología del pozo AH-33 A, AH-32, AH-34 y AH-34 A, se ha inferido que el tipo de roca para esta zona, corresponde a los materiales superficiales (SM) que consta de coladas lávicas de carácter andesítico, tobas líticas y pumíticas, así como materiales retrabajados del tipo aluviones y piroclastos. La zapata de 20" debe colocarse en una zona sana de lavas andesíticas. En la figura No.3 se presenta la columna litológica inferida para el pozo AH-33B, la cual fue elaborada correlacionando la información de pozos cercanos antes mencionados.

SEGUNDA ETAPA

Esta etapa se perforará hasta una profundidad de 300-320 m con barrena de 17 1/2". Las pérdidas parciales y totales que se pueden encontrar entre 300-350 m, corresponden al acuífero regional saturado y éstas deben ser cementadas. La litología estará caracterizada por la unidad de lavas jóvenes de carácter andesítico con piroxenos y andesitas bipiroxénicas con diferentes grados de alteración del tipo argilítica y óxidos. La mineralogía de alteración, corresponde a la facies argilítica y transición a la argilítica-filítica, en la cual se encuentra el desarrollo de minerales arcillosos, arcillas cloríticas, pirita, óxidos e hidróxidos.

TERCERA ETAPA

La tercera etapa corresponderá a un agujero de 12 1/4", en donde se comenzará la desviación del pozo. El tramo vertical llegará hasta una profundidad de aproximadamente 350 m (KOP), la cual está caracterizada por una lava andesítica gris con condiciones de buena estabilidad para iniciar la desviación. Se espera que no se presenten problemas para la construcción del ángulo de desviación, aunque existan pérdidas parciales e intermitentes de

circulación, ya que éstas pueden ser tratadas con obturantes. Se presentará posiblemente una zona de baja a media estabilidad, que corresponderá a una toba de lapilli o aglomerado gris a rojizo. Este material contiene abundante cantidad de arcillas deleznable que al ponerse en contacto con el agua, pueden llegar a erosionarse y formar cavernas durante la construcción del agujero.

Por lo anterior, es conveniente que durante esta etapa, se controlen los fluidos de perforación de tal manera que se asegure un buen enjarre y se obtenga mayor estabilidad en las paredes del agujero. Esta formación en el pozo AH-18, aparece a partir de los 355 m, mientras que en el pozo AH-19 inicia a partir de los 255 m en adelante. Es importante tomar en cuenta, que esta formación deleznable será atravesada durante la construcción de la curva.

La litología a perforar durante esta etapa, corresponde en parte a las lavas jóvenes del tipo andesitas piroxénicas y bipoxénicas, andesitas microcristalinas seguidas por la unidad de aglomerados jóvenes (YA), que consta de tobas finas, tobas líticas y tobas aglomeráticas con delgadas capas de lavas andesíticas, la cual se mantiene desde casi los 550 m de profundidad hasta casi los 800 metros. Seguidamente a partir de los 810 m, podría encontrarse una capa de lava dacítica y seguidamente una unidad de andesitas, las cuales fueron encontradas en el pozo AH-33 A, o en todo caso podría encontrarse las unidades litológicas encontradas en el AH-34 A, que constan de tobas finas microcristalinas y tobas aglomeráticas, formaciones que se encuentran antes de las andesitas hipocristalinas. Estas unidades tobáceas antes descritas corresponden posiblemente al techo de los aglomerados antiguos (OA Old Agglomerates).

La zapata de 9 5/8" será colocada en una zona sana de lava dacítica (según AH-33 A) y/o toba aglomerática o toba cristalina (como fue anclada en el pozo AH-34 A). La toba aglomerática está compuesta por abundantes fragmentos lávicos lo que le da cierta estabilidad. Lo importante es que hay que controlar que esta unidad no presente ningún contenido de arcillas deleznales.

La facies mineralógica de esta zona corresponde a la filítica y filítica-propilítica en la cual se forman los minerales de arcillas cloríticas, cuarzo, calcita, ceolitas. La zona cercana a la zapata, se define por la base de la facie filítica y techo de la filítica propilítica en donde se observa clorita, abundante calcita, cuarzo y epidota en bajos porcentajes.

CUARTA ETAPA

Esta etapa estará caracterizada por la presencia de pérdidas totales, la cual puede encontrarse a partir de los 900 metros de profundidad, hasta el fondo del pozo y está relacionada con el reservorio productor. Es importante que en esta etapa, el geólogo de pozo mantenga un control estricto de la formación, intensidad de fracturamiento, si las fracturas están selladas o no por mineralización, así como los minerales encontrados. La unidad litológica que caracteriza esta zona son las Andesitas debajo de la secuencia piroclástica techo de los aglomerados antiguos. Estas andesitas presentan minerales de alteración como cuarzo, calcita y clorita, piritita y epidota. La facies mineralógica de la zona de producción podría corresponder a la filítica-propilítica.

La profundidad final vertical del pozo será de 1300 a 1400 m y corresponde a una profundidad desarrollada de 1500 m, nivel en el cual el contenido de epidota y ceolitas incrementa y se puede observar el inicio del desarrollo de la facies propilítica. El ángulo de desviación programado para alcanzar el objetivo primero a 1000 m (TVD), es de 37°.

MEDICIONES

Se recomienda la medición de temperatura estática de formación en la segunda, y tercera etapa, específicamente durante los cambios de barrena y en estratos impermeables, esta medición debe ser durante 1 hora para la condición de fluido aireado y 3 horas con lodo normal.

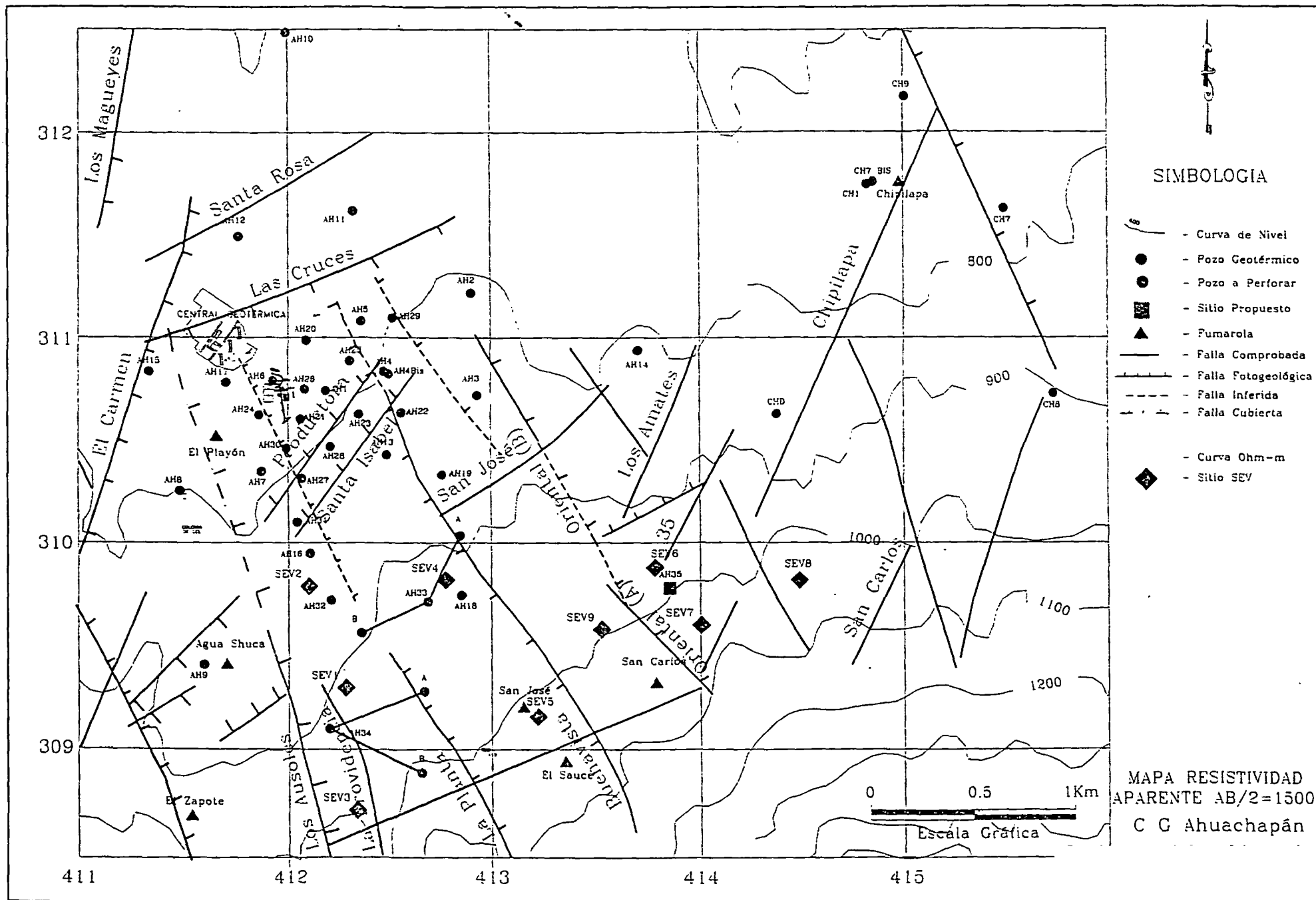
Durante la presencia de estratos permeables o con evidencias de vapor, se deberá hacer perfiles de temperatura en régimen de inyección (40 lt/s mínimo). En la 3a. etapa se deberá mantener un estricto control del volumen de pérdidas y temperatura de lodos. También es necesario controlar los datos de las presiones de bombeo, de inyección y flujos de lodo y de aire, a efecto de poder establecer volúmenes de pérdidas, presiones de la formación y temperaturas de formación.

Debido a que se ha considerado en el proyecto, la descarga temprana del pozo, se recomienda la ejecución de un registro dinámico de temperatura para ubicar la principal zona de alimentación y una prueba de producción en tres etapas como mínimo, después de estabilizada la presión de cabezal, con dos registros dinámicos en producción.

EFFECTOS SOBRE LA ESTRATEGIA

Un objetivo de este pozo es evaluar las características de producción de la zona suroeste del campo, por lo tanto de obtenerse buenos resultados en permeabilidad y temperatura, se justificará la perforación de un pozo direccional orientado hacia el nor-oeste con el fin de intersectar la misma falla productora La Planta con rumbo NO-SE.

Es importante que la zapata quede bien anclada, para lo cual es conveniente tomar muy en cuenta los datos de las temperaturas estáticas de formación y temperatura por mineralogía de alteración. Estos valores deberán ser mayores a 200-220°C. Tomar en cuenta además el tipo de roca a fin de anclar la zapata en una zona desde media a alta estabilidad. Considerar además que el acuífero intersectado entre 800-900 m, encontrado en el AH-34 vertical deberá ser sellado.

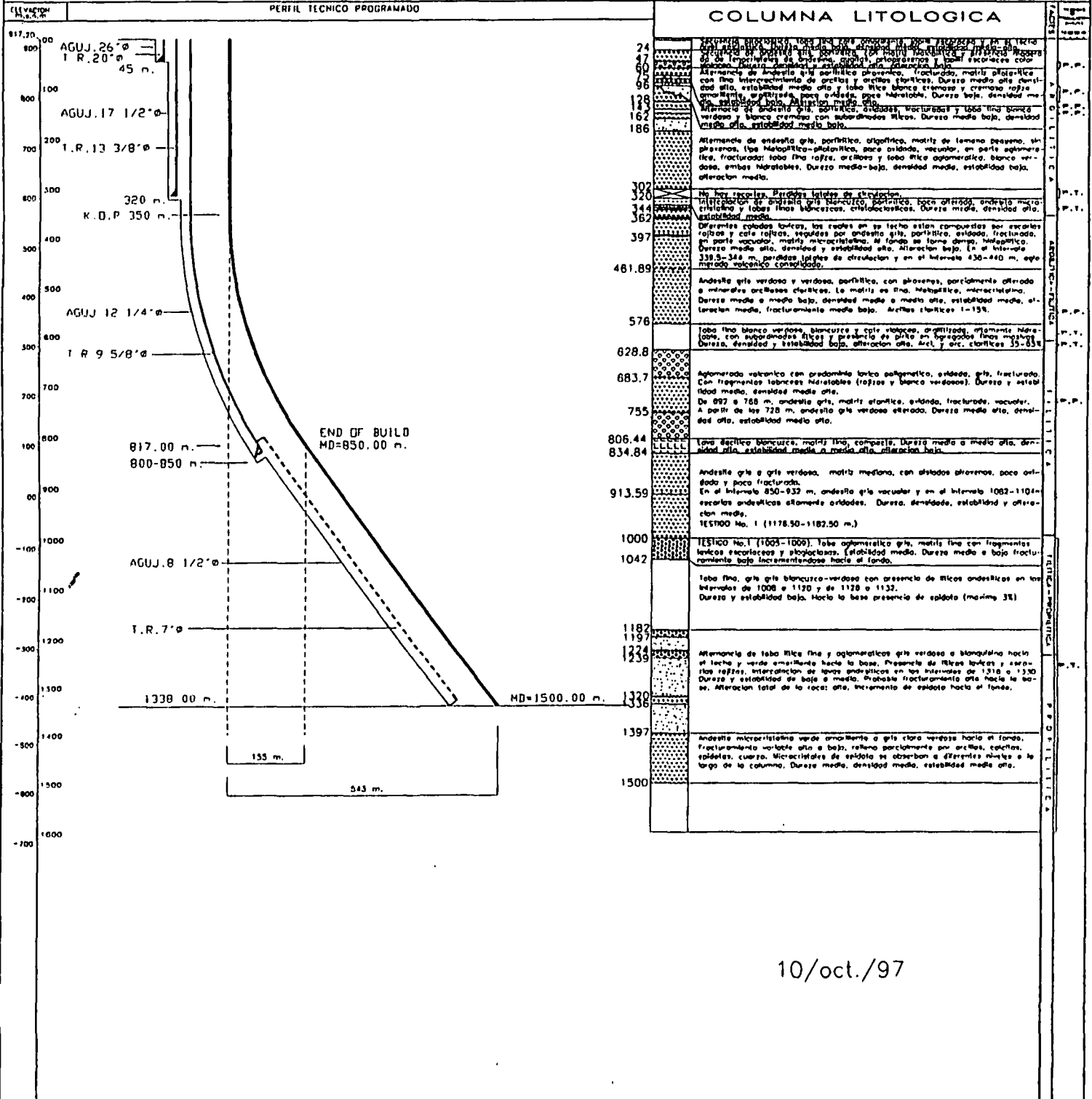


PERFIL TECNICO Y LITOLOGIA INFERIDA POZO AH-33B
PROYECTO PROGRAMA ESTABILIZACION Y REHABILITACION DEL CAMPO GEOTERMICO DE AHUACHAPAN
CONTRATO No.CEL-2793 CEL/FORASAL

LAT. 309.680N	LONG 412.650E	ELEV. 917.20 msnm	PROF. PROGRAMADA: 1500	PROF. FINAL:
---------------	---------------	-------------------	------------------------	--------------

SIMBOLOGIA

DEPOSITO EPICLASTICO	TOBA FINA	TOBA LITICA AGLOMERADA	TOBA LITICA	TOBA PUMITICA	PP= PERDIDA PARCIAL
TOBA LITICA	ANDESITAS	OPCCHIA VOLCANICA	AGLOMERADO	PT= PERDIDA TOTAL	PI= PERDIDA INTERMITENTE
				T = TESTIGO	P.I.D.



10/oct./97

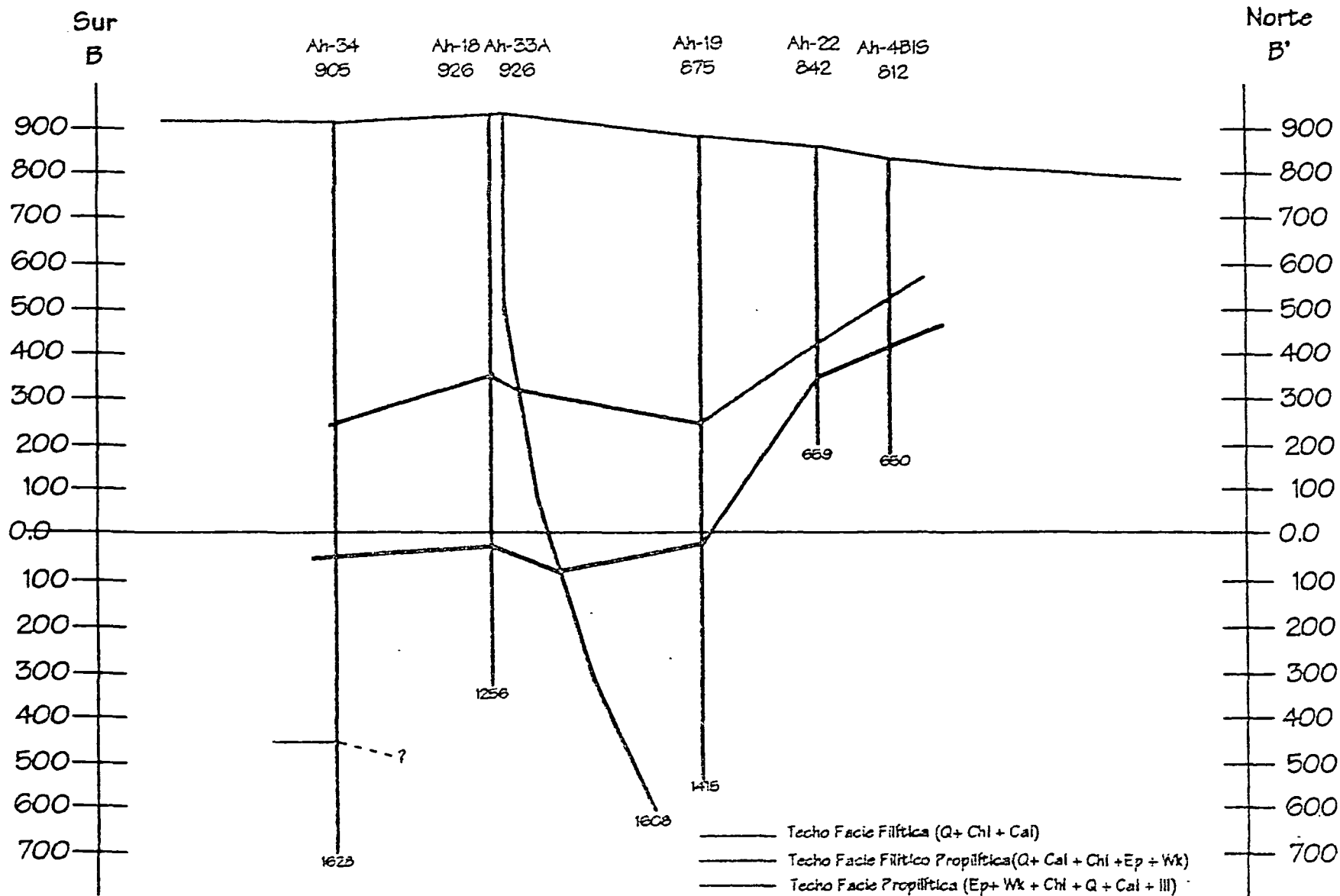
COLUMNA LITOLOGICA

	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	FACIES	Escala de alturas (m)
	Secuencia piroclástica loba fina café amarillenta, lapilli escoriáceo y en el techo lava escoriáceo. Dureza media baja, densidad media, estabilidad media-alta.		1000-1020
24	Secuencia de andesita gris porfírica con matriz hialopilitica y presencia moderada de fenocristales de andesina, augitas, ortopiroenos y lapilli escoriáceo color violáceo. Dureza, densidad, y estabilidad alta, alteración baja.	P.P.	1020-1040
47	Alternancia de Andesita gris porfírica piroenica, fracturada, matriz piroclástica con fino intercrecimiento de arcillosos y arcillosos claríticos. Dureza medio alta densidad alta, estabilidad medio alta y loba litica blanca cremosa y cremosa rajiza amarillenta, argilizada, poco oxidada, poco hidratable. Dureza baja, densidad media, estabilidad baja. Alteración media alta.	P.P.	1040-1060
60	Alternancia de andesita gris porfírica, oxidada, fracturada y loba fina blanca verdosa y blanca cremosa con subordinados lílicos. Dureza medio baja, densidad medio alta, estabilidad medio baja.	P.P.	1060-1080
75	Alternancia de andesita gris porfírica, oligofírica, matriz de tamaño pequeño, sin piroenos, tipo hialopilitica-piroclástica, poco oxidada, vacuolar, en parte aglomerada, fracturada; loba fina rajiza, arcillosa y loba litica aglomerada, blanco verdoso, ambas hidratables. Dureza medio-baja, densidad media, estabilidad baja, alteración media.	P.P.	1080-1100
96	No hay recortes. Perdidas totales de circulación.	P.T.	1100-1120
128	Interglaciación de andesita gris blancuzca, porfírica, poco alterada, andesita microcristalina y lobos finos blancuzcos, cristaloclasticas. Dureza media, densidad alta, estabilidad media.	P.T.	1120-1140
143	Diferentes cañados lavicos, los cuales en su techo estan compuestos por escorias rajizas y café rajizas, seguidos por andesita gris porfírica, oxidada, fracturada, en parte vacuolar, matriz microcristalina. Al fondo se torna denso, hialopilitica. Dureza medio alta, densidad y estabilidad alta. Alteración baja. En el intervalo 339.5-344 m, perdidas totales de circulación y en el intervalo 436-440 m, aglomerado volcanico consolidado.	P.P.	1140-1160
162	Andesita gris verdosa y verdosa, porfírica, con piroenos, parcialmente alterada o minerales arcillosos claríticos. La matriz es fina, hialopilitica, microcristalina. Dureza medio a medio baja, densidad medio a medio alta, estabilidad media, alteración media, fracturamiento medio bajo. Arcillos claríticos 1-15%.	P.P.	1160-1180
186	Loba fina blanca verdosa, blancuzca y café violáceo, argilizada, altamente hidratable, con subordinados lílicos y presencia de pirita en agregados finos masivos. Dureza, densidad y estabilidad baja, alteración alta. Arci. y arc. claríticos 35-65%	P.T.	1180-1200
302	Agglomerado volcanico con predominio lavico poligenetico, oxidado, gris, fracturado. Con fragmentos tabaceos hidratables (rajizas y blanco verdosos). Dureza y estabilidad media, densidad media alta.	P.P.	1200-1220
320	De 692 a 768 m, andesita gris, matriz olfántica, oxidada, fracturada, vacuolar. A partir de los 728 m, andesita gris verdosa alterada. Dureza medio alta, densidad alta, estabilidad media alta.	P.P.	1220-1240
344	Lava dacitica blancuzca, matriz fina, compacta. Dureza medio a medio alta, densidad alta, estabilidad media a media alta, alteración baja.	P.P.	1240-1260
362	Andesita gris o gris verdosa, matriz mediana, con aislados piroenos, poco oxidada y poco fracturada. En el intervalo 850-932 m, andesita gris vacuolar y en el intervalo 1082-1104 m, escorias andesíticas altamente oxidadas. Dureza, densidad, estabilidad y alteración media. TESTIGO No. 1 (1176.50-1182.50 m.)	P.P.	1260-1280
397	TESTIGO No.1 (1005-1009). Loba aglomerada gris, matriz fina con fragmentos lavicos escoriáceos y plagioclastos. Estabilidad media. Dureza medio a bajo fracturamiento bajo incrementandose hacia el fondo.	P.P.	1280-1300
461.89	Loba fina, gris gris blancuzca-verdosa con presencia de lílicos andesíticos en los intervalos de 1008 a 1120 y de 1128 a 1132. Dureza y estabilidad bajo. Hacia la base presencia de epidoto (maximo 3%)	P.P.	1300-1320
576	Alternancia de loba litica fina y aglomerada gris verdosa a blanquisina hacia el techo y verde amarillenta hacia la base. Presencia de lílicos lavicos y escorias rajizas. Interglaciación de lavas andesíticas en los intervalos de 1316 a 1330. Dureza y estabilidad de baja a media. Probable fracturamiento alto hacia la base. Alteración total de la roca: alta. Incremento de epidoto hacia el fondo.	P.T.	1320-1340
628.8	Andesita microcristalina verde amarillenta a gris clara verdosa hacia el fondo. Fracturamiento variable alto a bajo, relleno parcialmente por arcillos, calcitas, epidotas, cuarzo. Microcristales de epidoto se observan a diferentes niveles a lo largo de la columna. Dureza media, densidad media, estabilidad medio alta	P.P.	1340-1360
683.7			1360-1380
755			1380-1400
806.44			1400-1420
834.84			1420-1440
913.59			1440-1460
1000			1460-1480
1042			1480-1500
1182			
1197			
1224			
1239			
1320			
1336			
1397			
1500			

10/oct./97

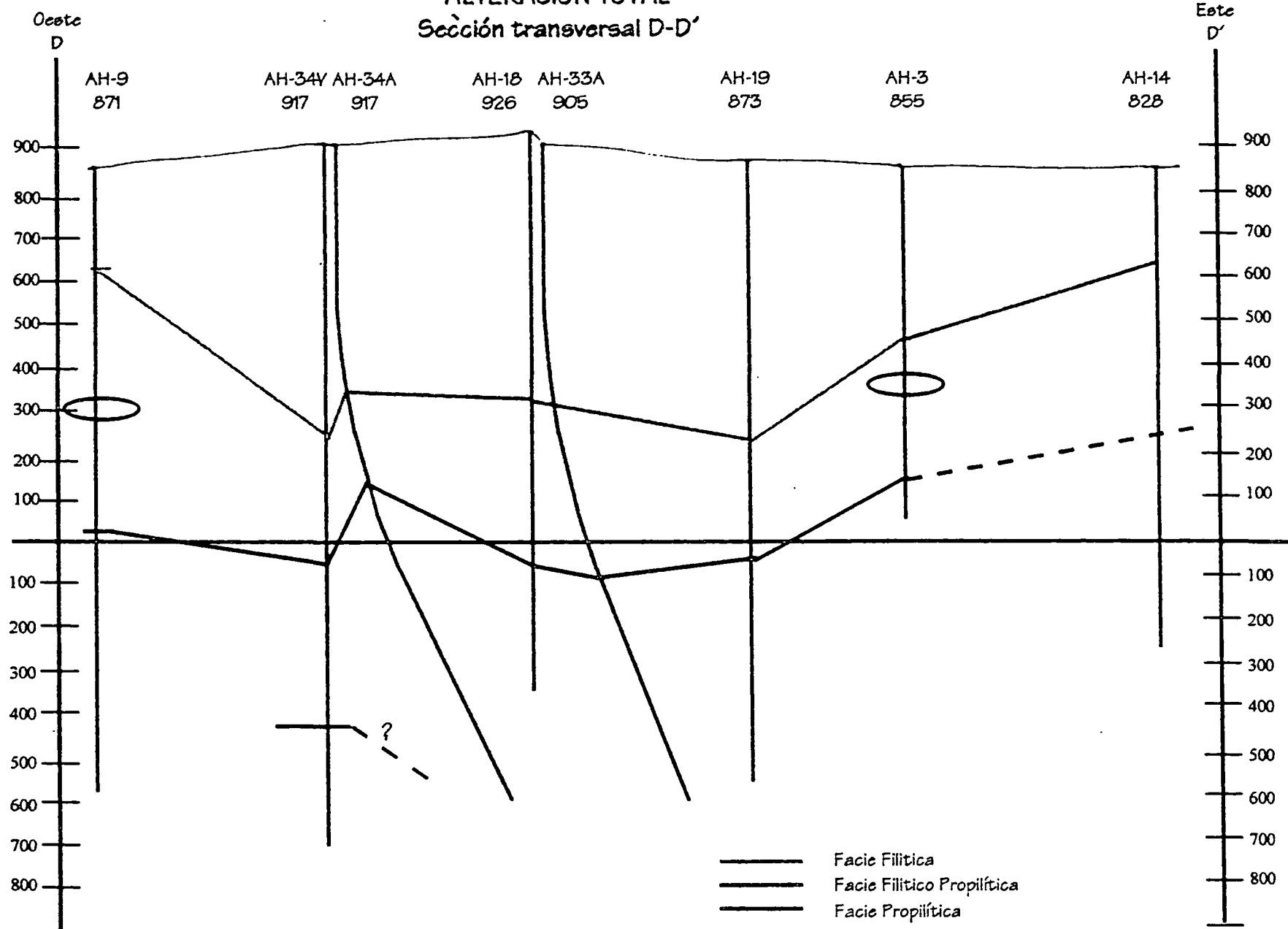
ALTERACION TOTAL

Sección transversal B - B'



ALTERACION TOTAL

Sección transversal D-D'



TERMINACION TECNICA DEL POZO

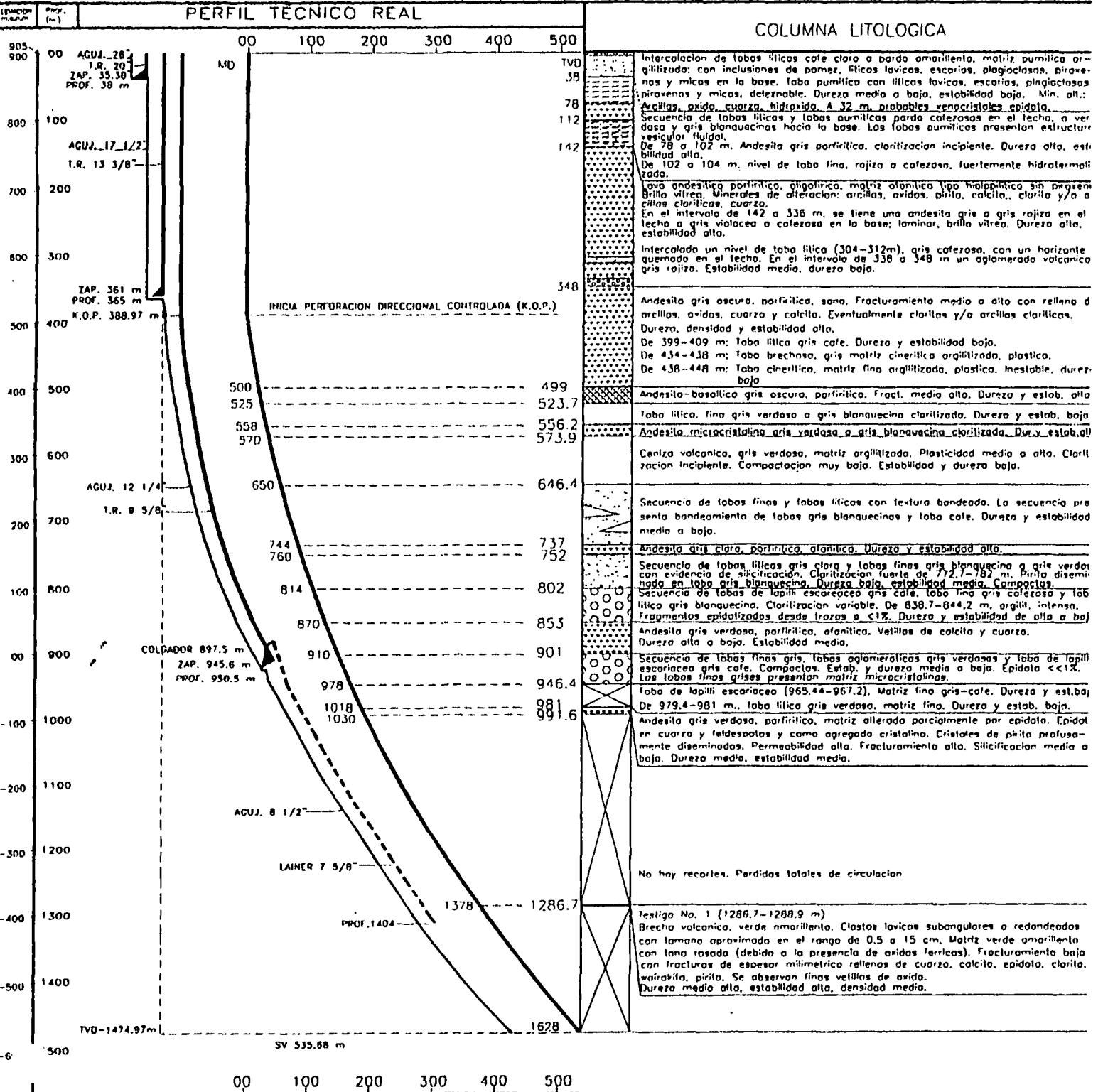
MEDIDAS	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.	D.PLRF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.
TIRO g.)	26"	20"	17 1/2"	13 3/8"	12 1/4"	9 5/8"	8 1/2"	7 5/8"
ESPECIFICACIONES DE TUBERIA		94 lb/pla K-55 Rosca Bullres con rosca de macho		54.5 lb/pla K-55, R3 Rosca Bullres con rosca de macho		41 lb/pla (L-80, R3) Rosca Bullres con rosca de macho		33.7 lb/pla (L-80, R3) Rosca Bullres con rosca de macho
PROFUNDIDAD (m.)	38	35.38	365	361	950.5	945.6	1628	1404

LAT. 309,100.13N	LONG 412,150.40E	ELEV. 905
------------------	------------------	-----------

	DEPOSITO EPICLASTICO		TOBA FINA		TOBA L AGLOM
	TOBA LITICA		ANDESITAS		ANDES BASAL

PERFIL TECNICO REAL

COLUMNA LITOLOGICA



SV: SECCION VERTICAL
MD: PROFUNDIDAD DESARROLLADA
TVD: PROFUNDIDAD VERTICAL REAL

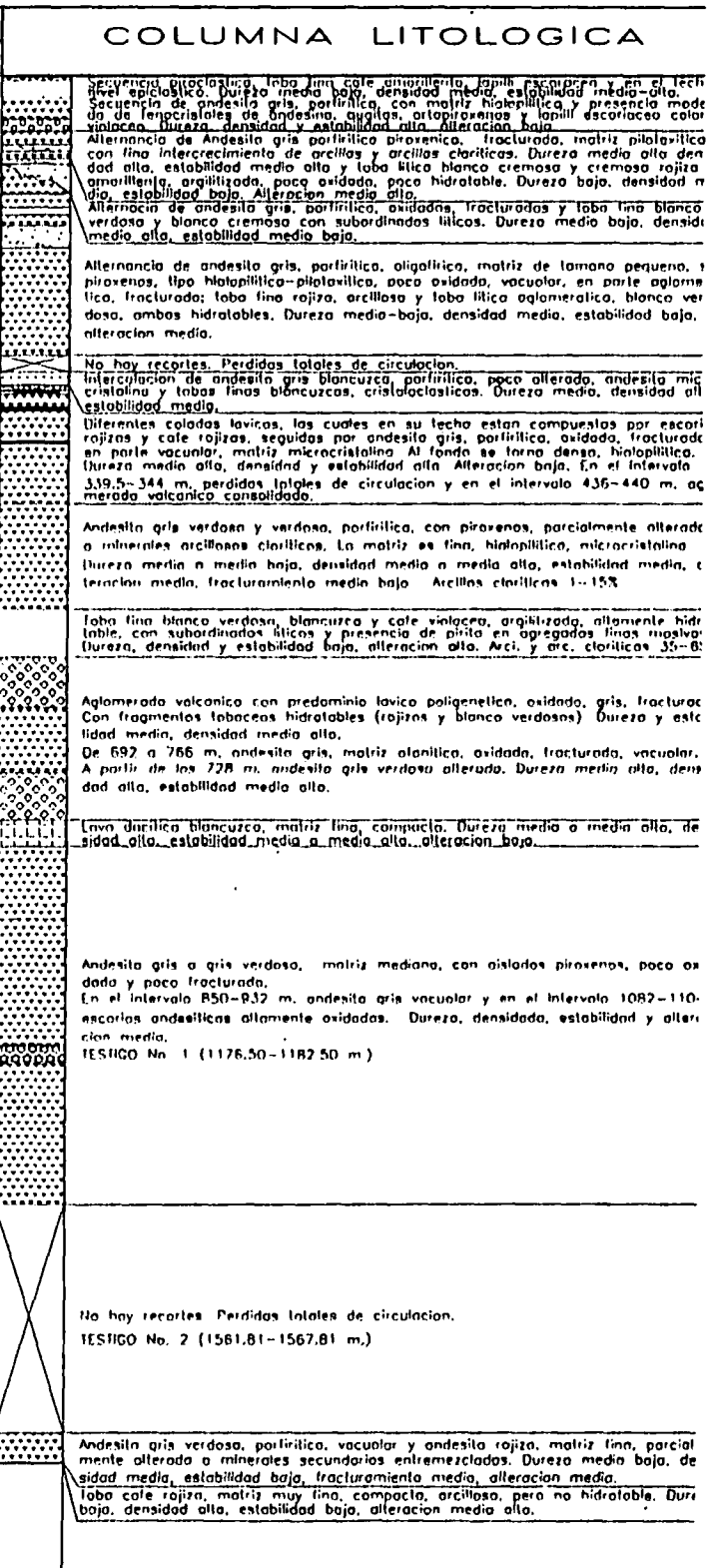
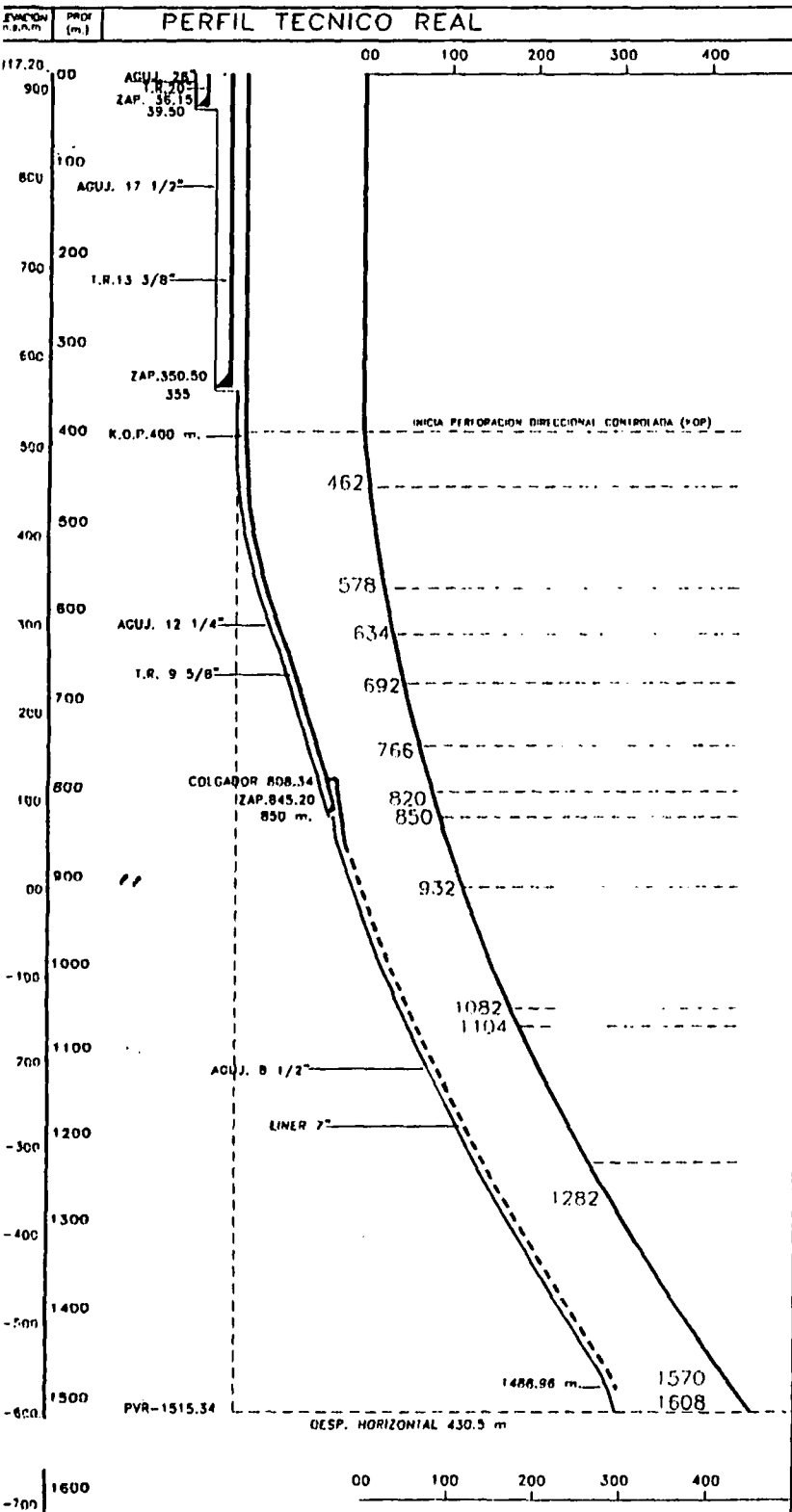
TERMINACION TECNICA DEL POZO

MEDIDAS	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.	D.PERF.	D.REVEST.
DIA	26"	20"	17 1/2"	13 3/8"	12 1/4"	9 5/8"	8 1/2"	7"
ESPECIFICACIONES DE TUBERIA		94 H/phi K-55 RUSIA MULTIPLE CON CAMPO DE ACEROS		54.5 H/phi K-55, R3 RUSIA MULTIPLE CON CAMPO DE ACEROS		41.5 H/phi K-55, R3 RUSIA MULTIPLE CON CAMPO DE ACEROS		34 H/phi K-55, R3 RUSIA MULTIPLE CON CAMPO DE ACEROS
PROFUNDIDAD (m)	39.5	36.15	355	350.5	850	845.20	1608	808.34

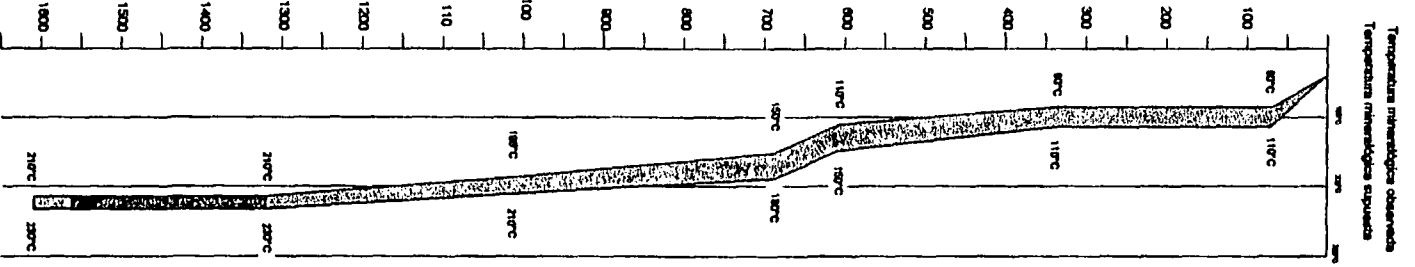
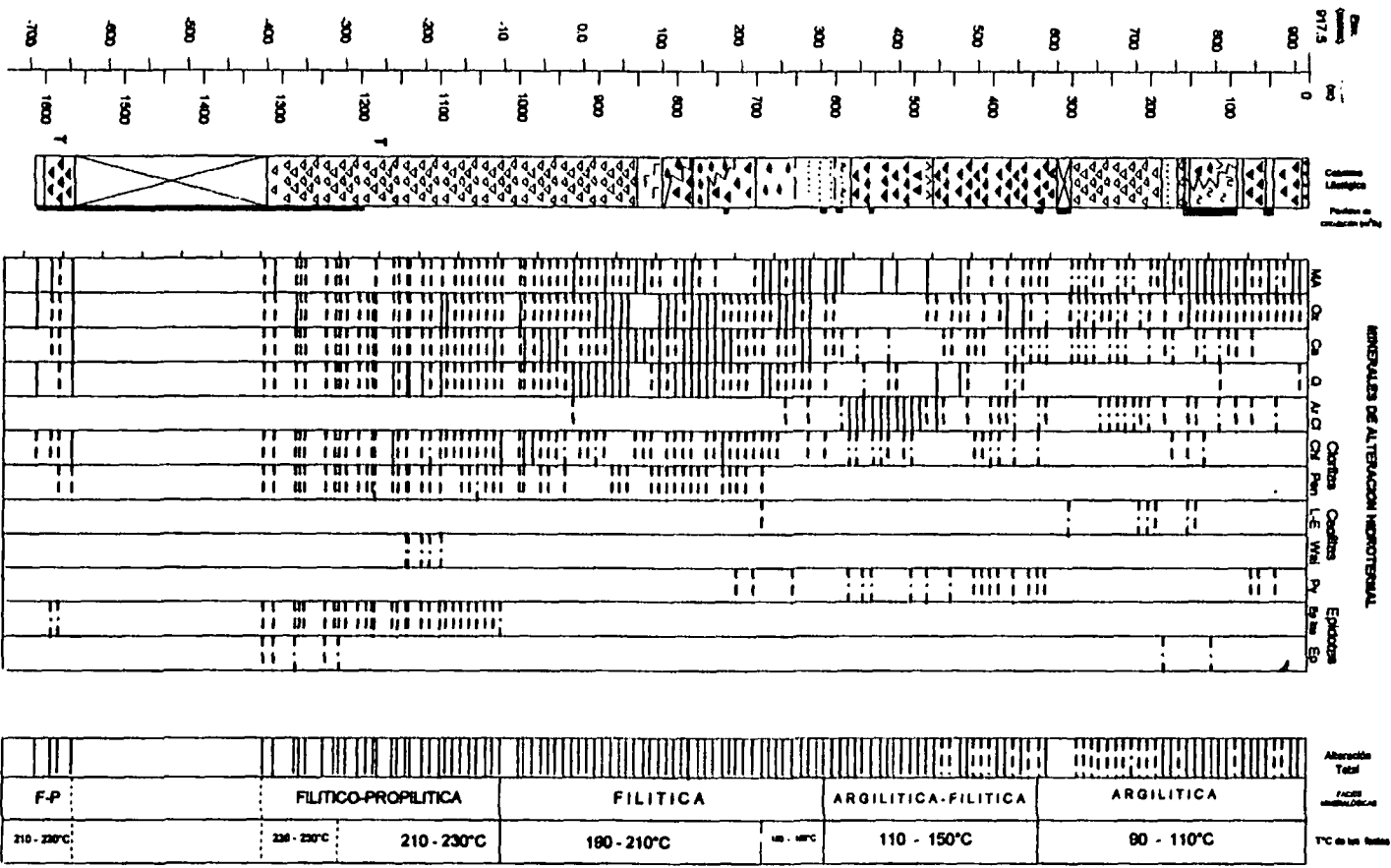
LAT. 309.680N LONG 412.650E ELEV. 917.20 msr

DEPOSITO EPICLASTICO
 TOBA FINA
 TOBA AGLON

TOBA LITICA
 ANDESITAS
 BRECCIA VOLCANICA



INDICADORES DE ALTERACION METEORICA



SARBOLOGIA

Simbología Litológica

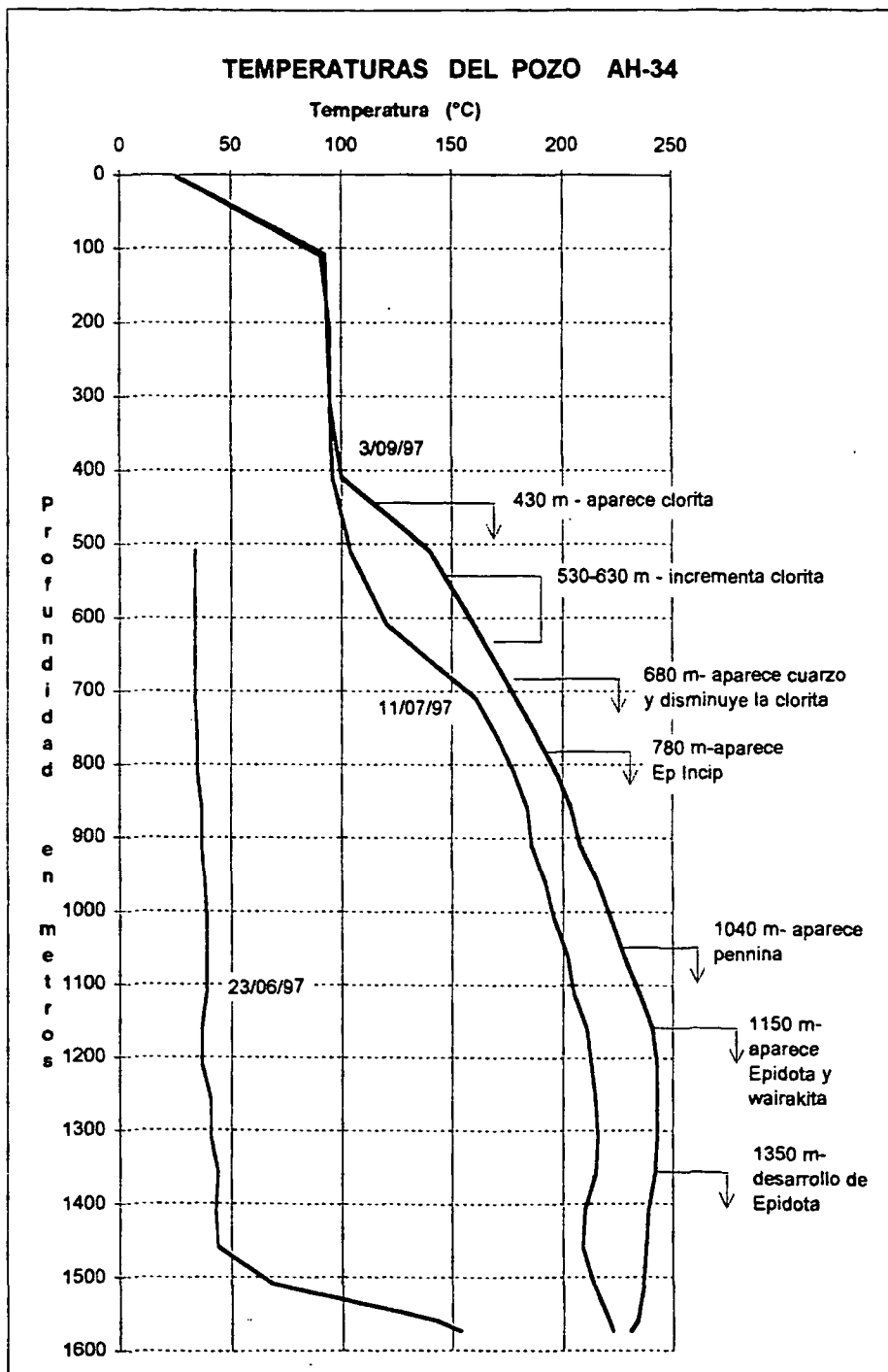
- Deposito
- Episodio
- Toba
- Andesitas intrusivas
- Andesitas sin diques
- Andesitas Wines diatriticas
- Andesita-Deseajo
- Toba puritica
- No hay muestras por pérdida de bases

Mineralogía de alteración hidrotermal

- Trazas <1%
- Muy poco 1-5%
- Poco 5-10%
- Mediana 11-20%
- Regular 21-30%
- Mucho 31-50%
- Abundante >50%

- MA - Alteración Andésica
- Ca - Oodoo
- Ca - Calcita
- Q - Cuarzo
- M - Cl - Análisis
- Pan - Perinita
- U/E - Llanorita/Epitita
- Wier - Wierita
- Py - Pirita
- Ep - Epitita
- Ep Imp - Epitita impura

COMPARACION DE TEMPERATURAS MEDIDAS CON FACIES MINERALOGICAS - POZO AH-34



FACIES MINERALOGICAS

Facie Argilítica

Intervalo: 0-430 m

Temperatura mineralógica: <90-100°C Temperatura medida: 26-100°C

Asociación mineralógica: MA + Oxido + Ca (tz) + Silice + Arc. Clor. + Cl (Tz)

Nota: con la aparición de la clorita a 80 m aumenta la T° a 90-95°C.

Facie Argilito-Filitica (definida por presencia de cloritas + Ar. Cl)

Intervalo: 430-530 m

Temperatura mineralógica: 110-150°C; Temperatura medida: 106°(430 m)-147°C(530 m)

Asociación mineralógica: Ma + Ox + Ca + Cl (mas desarrollada y continua)

Facie Filitica (definida por desarrollo de las cloritas)

Intervalo: 530-780 m

Temperatura mineralógica: 150-200°C;

Temperatura medida: 147°(530 m)-194°C (780 m)

Facie filitica A - 530-630 m - aumenta la clorita (T° inferida -150-170°C)

Facie filitica B - 680-780 m - aparece el cuarzo y disminuye la clorita (T° inferida 170-200°C)

Asociación mineralógica: Ma (poco) + Ox + Ca + Cl (desarrollada) + Q

Facie Filitica-Propilitica (definida por presencia de Ep Incip)

Intervalo: 780-1150 m

Temperatura mineralógica: 200-240°C;

Temperatura medida: 194°C(780 m)-241°C (1150 m)

Facie F-P - A - 780-1020 m - presencia de Ep Inc. (T° inferida -194-230°C)

Facie F-P - B - 1020-1150 m - aparece pennina (T° inferida 230-240°C)

Asociación mineralógica: Ep Inc + Ma + Ox + Ca + Cl + Q + Pen

Facie Propilitica (definida por presencia de Epidota)

Intervalo: 1150-1600 m

Temperatura mineralógica: 240-260°C

Temperatura medida: 241°(1150 m) - 231°C-? (1600 m)

Facie P - A - 1150-1350 m - poca Epidota (T° inferida -241°C-242°C)
Régimen estable de temperatura

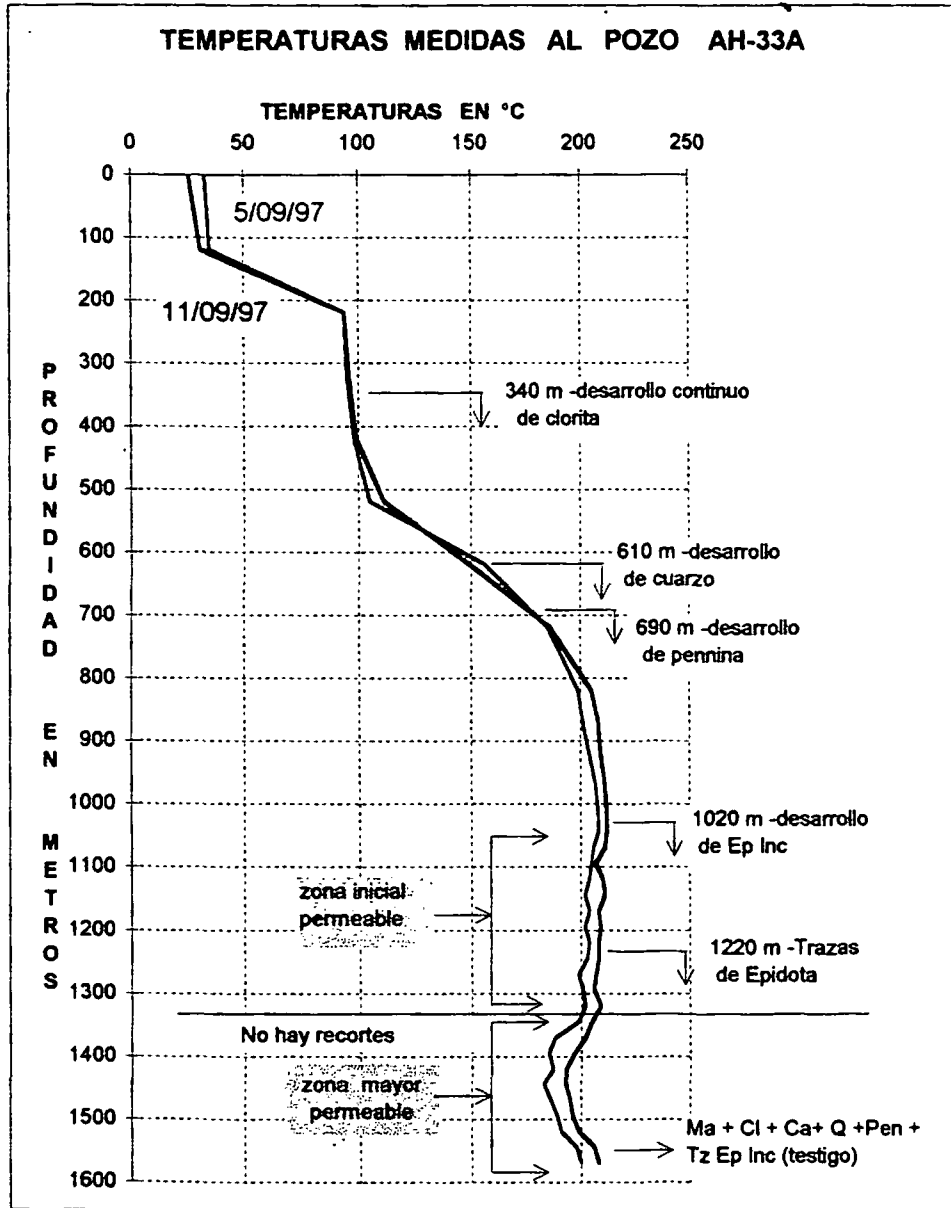
Facie P - B - 1350-1600 m - desarrollo de Epidota (T° inferida 242-231°C)
Régimen inestable de temperatura

Aumenta un poco el Q y los MA (ilita) a partir de 1400 m, y el Q y la Calcita en el intervalo de 1530-1575 m.

Asociación mineralógica: Ep+ Ep Inc+Wai+Ma+Ox+Ca+Cl + Q + Pen

CORRELACION DE TEMPERATURAS MEDIDAS CON FACIES MINERALOGICAS

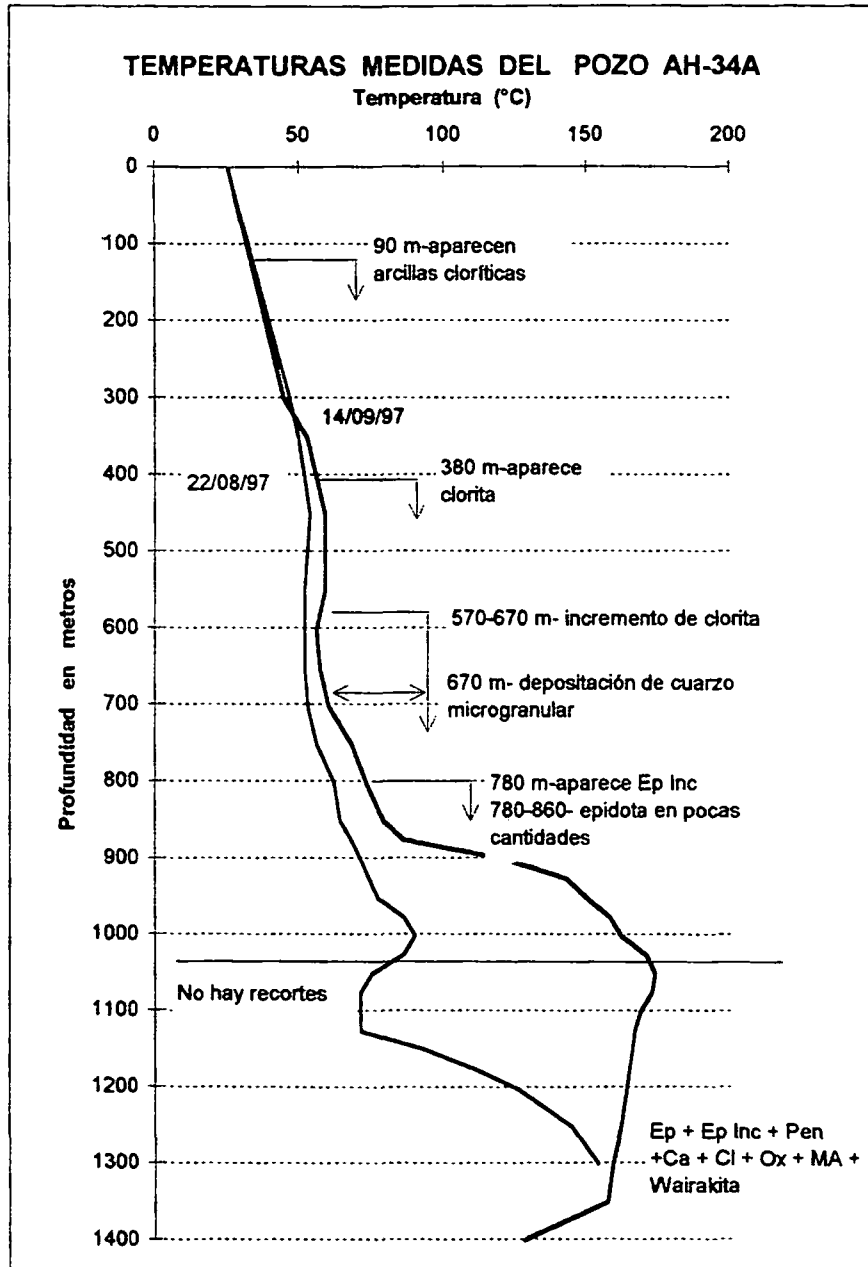
POZO AH-33A



FACIES MINERALOGICAS

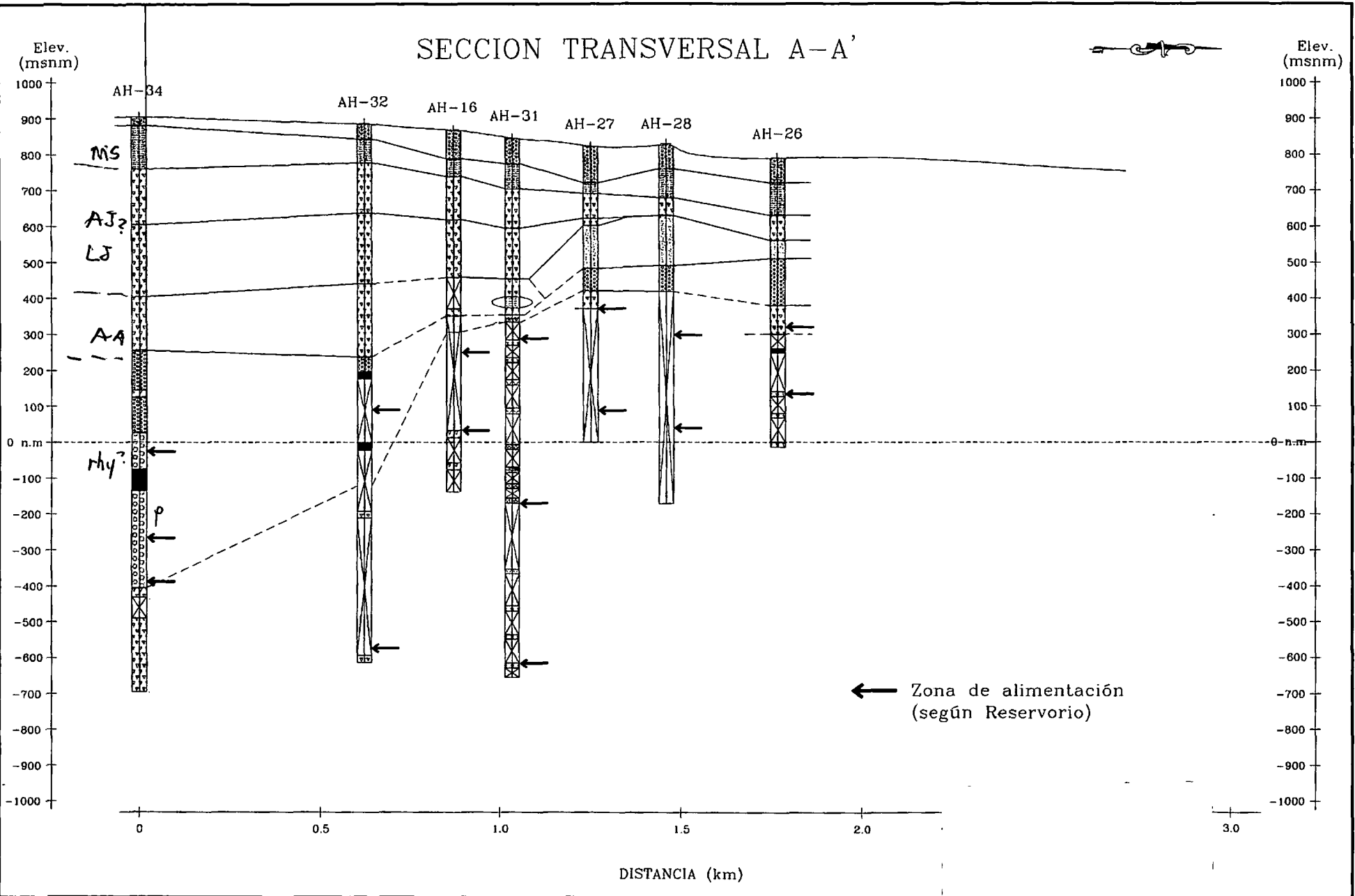
Argilitica	<90°C	<p>Facie Argilitica Intervalo: 0-340 m Temperatura mineralógica: <90-100°C Temperatura medida: 26-96°C Asociación mineralógica: MA + Oxido + Ca (tz) + Silice(Tz) + Arc. Clor. + Cl (Tz)</p>
A-F	A 110-150°C B 80-110°C	<p>Facie Argilito-Filitica (definida por presencia de cloritas + Ar. Cl) Intervalo: 340-610 m Temperatura mineralógica: 90-150°C; Temperatura medida: 90°C(340 m)-166°C(610 m) Asociación mineralógica: Ma(pocos) + Ox + Ca(poca) + Cl (mas desarrollada y continua) + Arc. Cl.(aumento)</p>
Filitica	A 150-170°C B 170-210°C	<p>Facie Filitica (definida por desarrollo de las cloritas) Intervalo: 610-1020 m Temperatura mineralógica: 150-210°C; Temperatura medida: 131°C(610 m)-212°C(1020 m); 170°C (690 m) Facie Filitica A - 610-690 m - aumenta la clorita (T° inferida -131-170°C) Facie Filitica B - 690-1020 m - aparece pennina, aumenta el cuarzo (T° inferida: 170-212°C) Asociación mineralógica: Ma+ Ox +Ca + Cl (desarrollada) + Q (moderado) + Pennina</p>
Filitica-Propilitica	A 210-230°C B 230-250°C	<p>Facie Filitica-Propilitica (definida por depositación de Ep Incipiente) Intervalo: 1020-1320 m; 1571 m. Temperatura mineralógica: 210-230°C; Temperatura medida: 212°C(1020 m)-208°C (1220 m) 209°C (1320 m); y 208°C(1567 m) Facie F-P- A - 1020-1220 m - aparece Ep. Inc. (T° medida -212°-208°C); T° mineralógica - 210-230°C Facie F-P -B - 690-1020 m - aparece Epidota muy poco (T° medi-208-209°C); T° mineralógica: 230-250°C Asociación mineralógica: Ma+ Ox +Ca + Cl + Q + Pen + Ep Inc + Epidota + Wairakita (muy poco)</p>

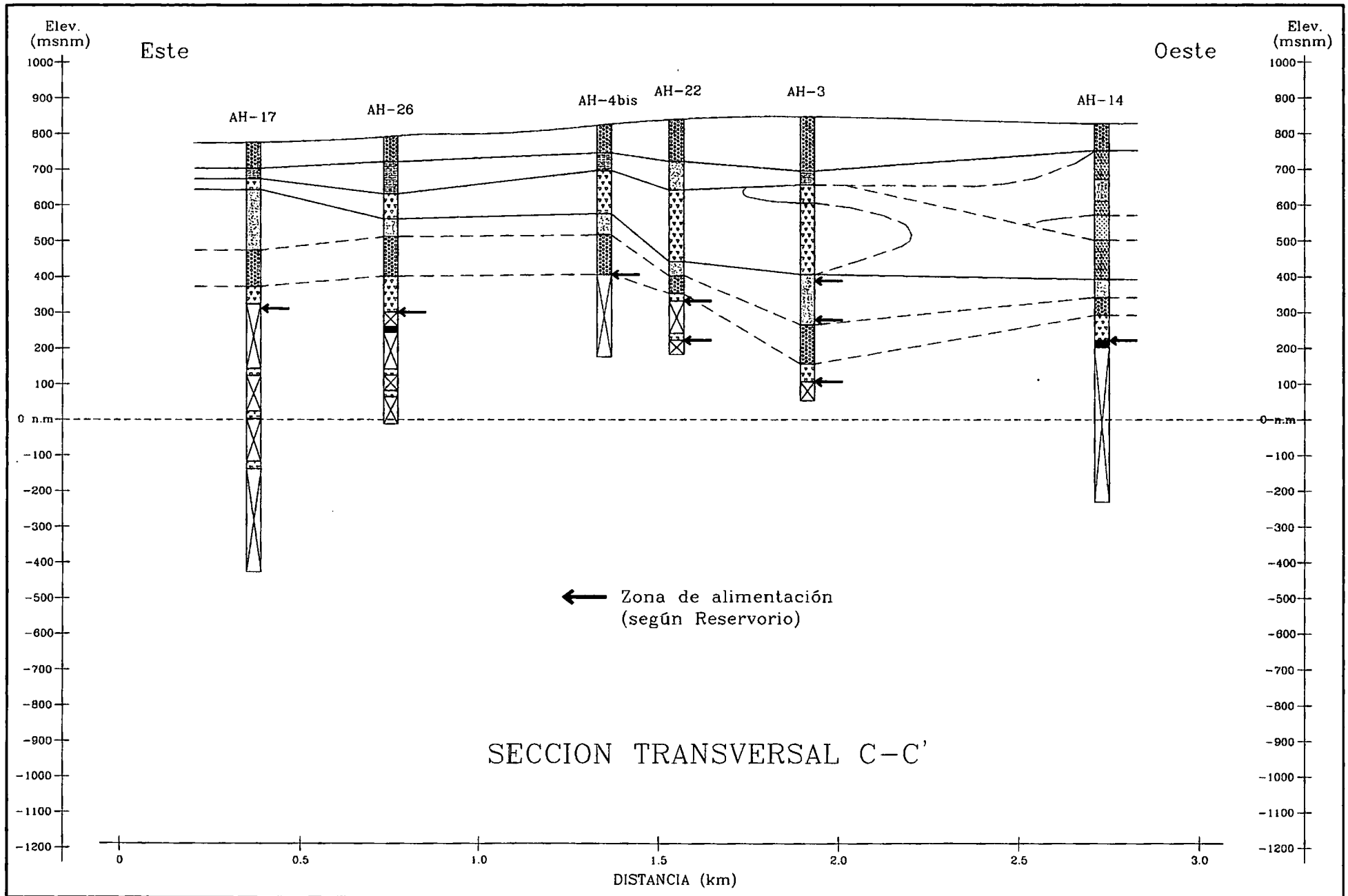
**COMPARACION DE TEMPERATURAS MEDIDAS CON FACIES MINERALOGICAS
POZO AH-34A**

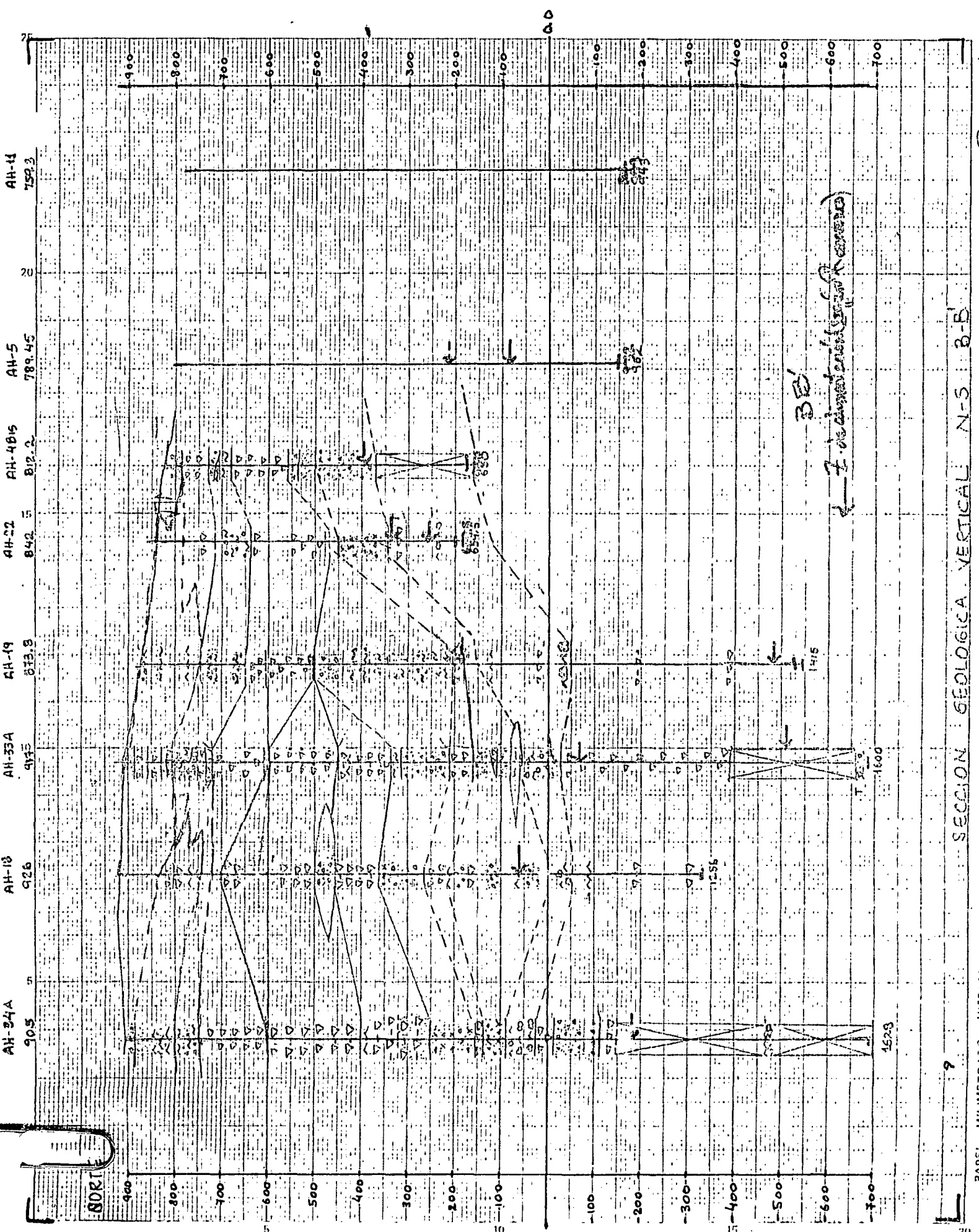


Argilitica	<90-100°C	<p>Facie Argilitica Intervalo: 0-380 m Temperatura mineralógica: <90-100°C Temperatura medida: aún no estabilizada Asociación mineralógica: MA + Oxido + Ca (tz) + Arc. Clor. + Cl (Tz)</p>
A-F	110-150°C	<p>Facie Argilito-Filitica (definida por presencia de cloritas + Ar. Cl) Intervalo: 380-570 m Temperatura mineralógica: 110-150°C; Temperatura medida: aún no estabilizada Asociación mineralógica: MA (poco) + Ox + Ca (poca) + Cl (mas desarrollada y continua) + Q (poco)</p>
Filitica	150-200°C	<p>Facie Filitica (definida por desarrollo de las cloritas) Intervalo: 570-780 m Temperatura mineralógica: 150-200°C; Temperatura medida: aún no estabilizada Facie filitica A - 570-670 m - aumenta la clorita Facie filitica B - 670-780 m - aparece el cuarzo y disminuye la clorita Asociación mineralógica: Ma (poco) + Ox + Ca + Cl (desarrollada) + Q</p>
Fili-Propi	220-250°C	<p>Facie Filitica-Propilitica (definida por presencia de Ep Incip) Intervalo: 780-1030 m Temperatura mineralógica: 200-240°C; Temperatura medida: aún no estabilizada Facie F-P - A - 780-870 m - Ep Inc + Epidota Facie F-P - B - 870-1030 m - Ep Inc + demás minerales Asociación mineralógica: Ep Inc + epidota + Ma + Ox + Ca + Cl + Q + Pen (Tz e intermitente) + Wairakita (Tz)</p>
?	240-250°C	<p>Facie Propilitica (definida por presencia de mayor deposición de Epidota) Intervalo: testigo Temperatura mineralógica: 240-250°C; Temperatura medida: aún no estabilizada Asociación mineralógica: Ep Inc + epidota + Ma + Ox + Ca + Cl + Q + Pen (Tz e intermitente)</p>

SECCION TRANSVERSAL A-A'



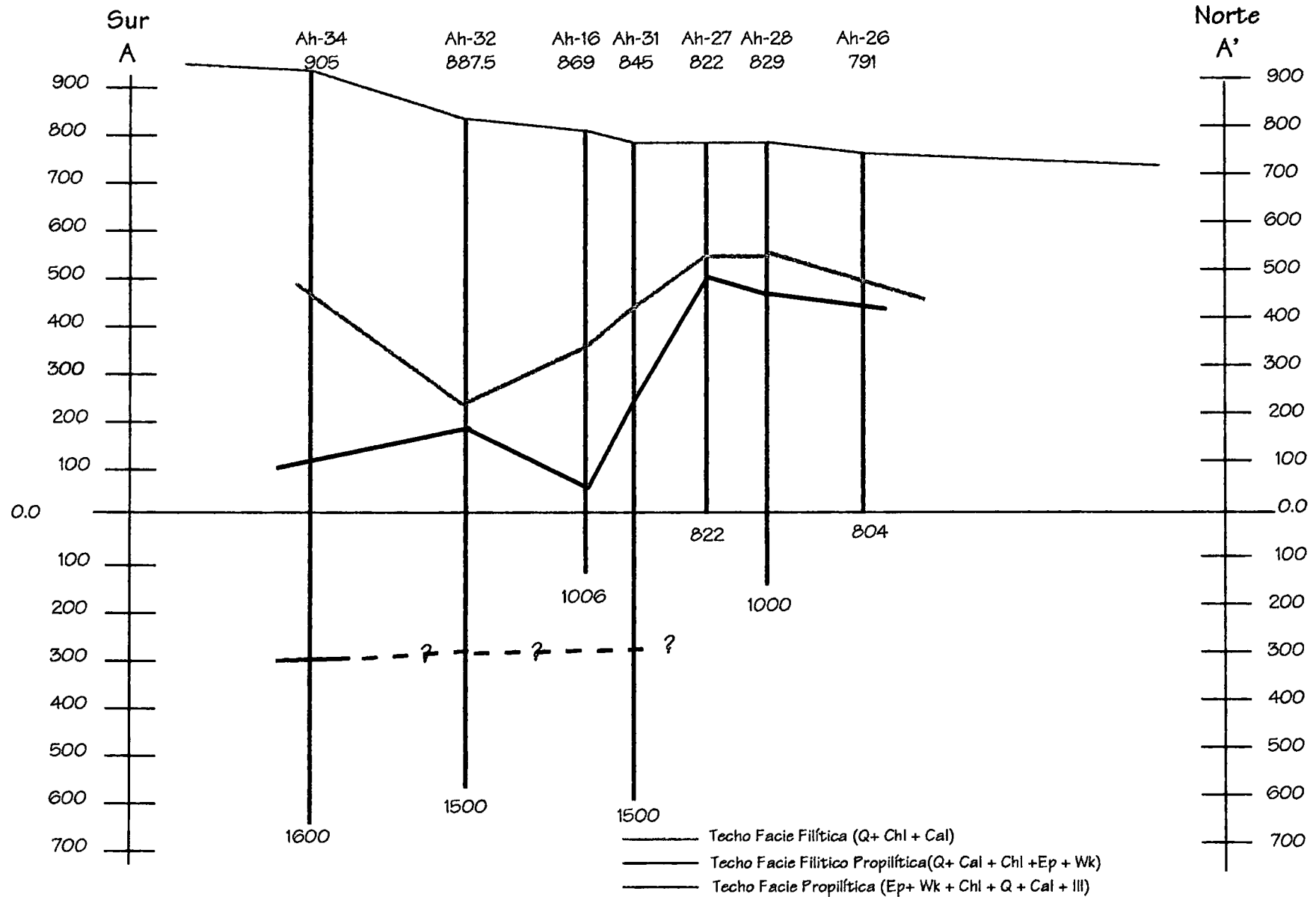




SECCION GEOLOGICA VERTICAL N-S B-B'

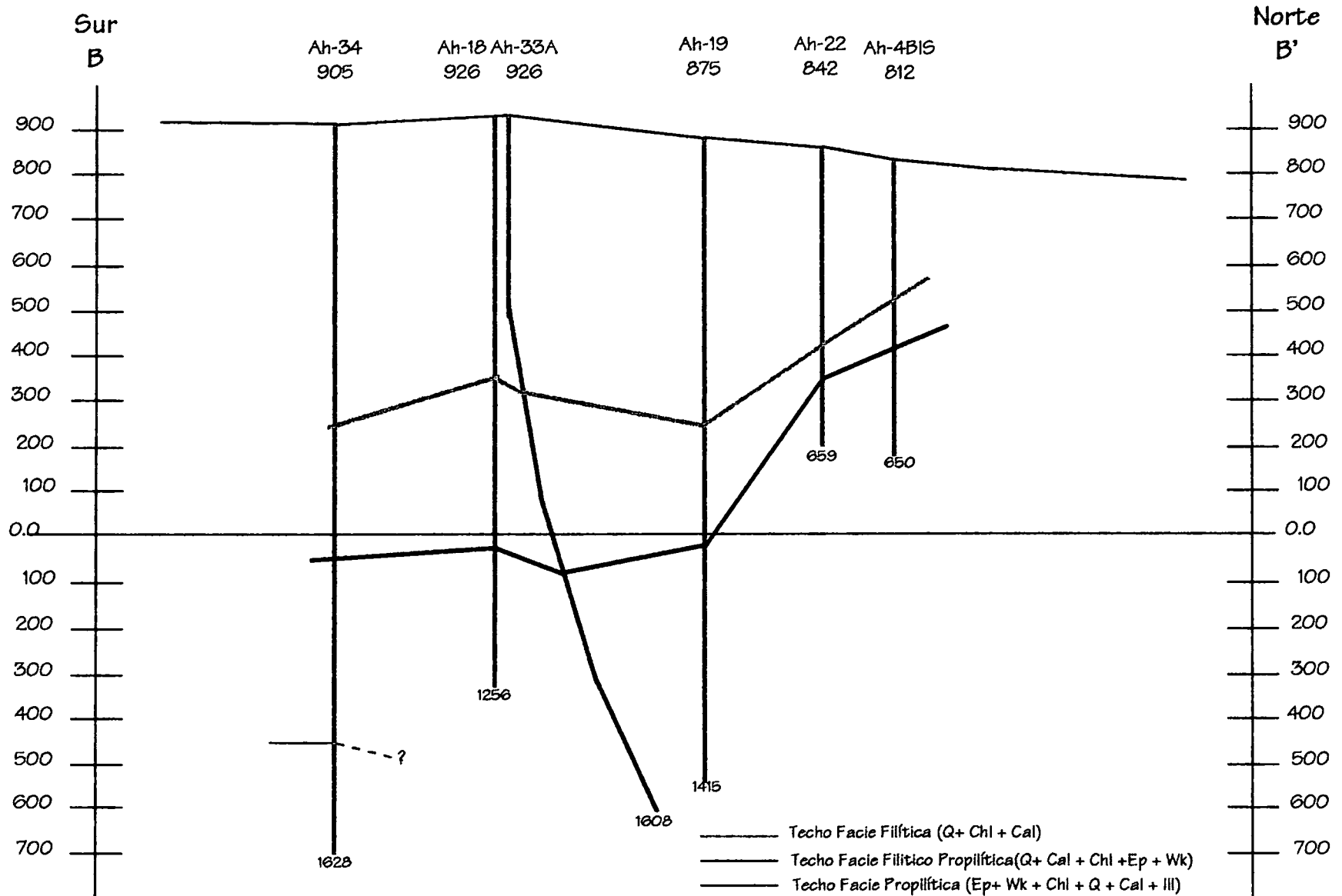
ALTERACION TOTAL

Sección transversal A- A'

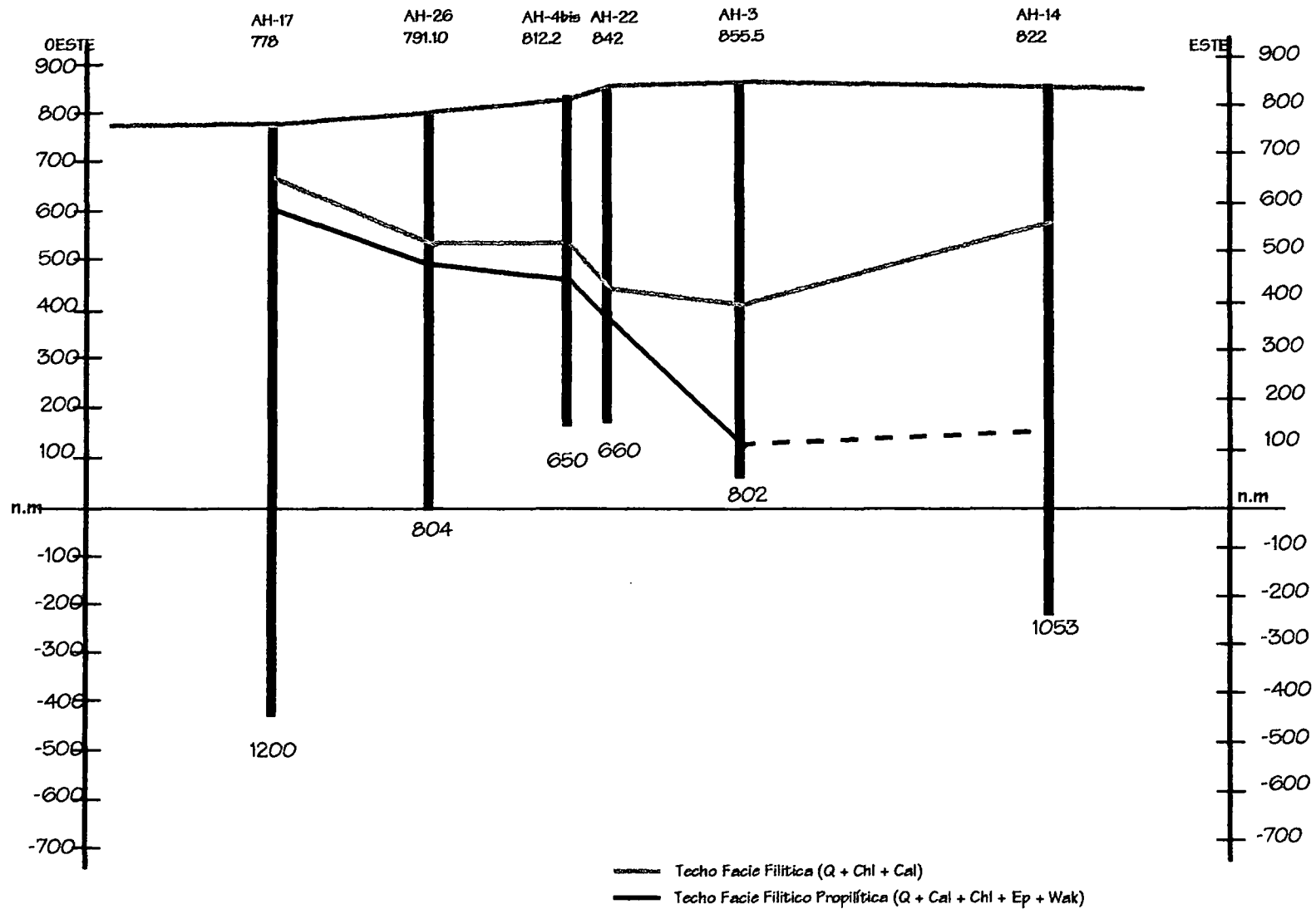


ALTERACION TOTAL

Sección transversal B - B'

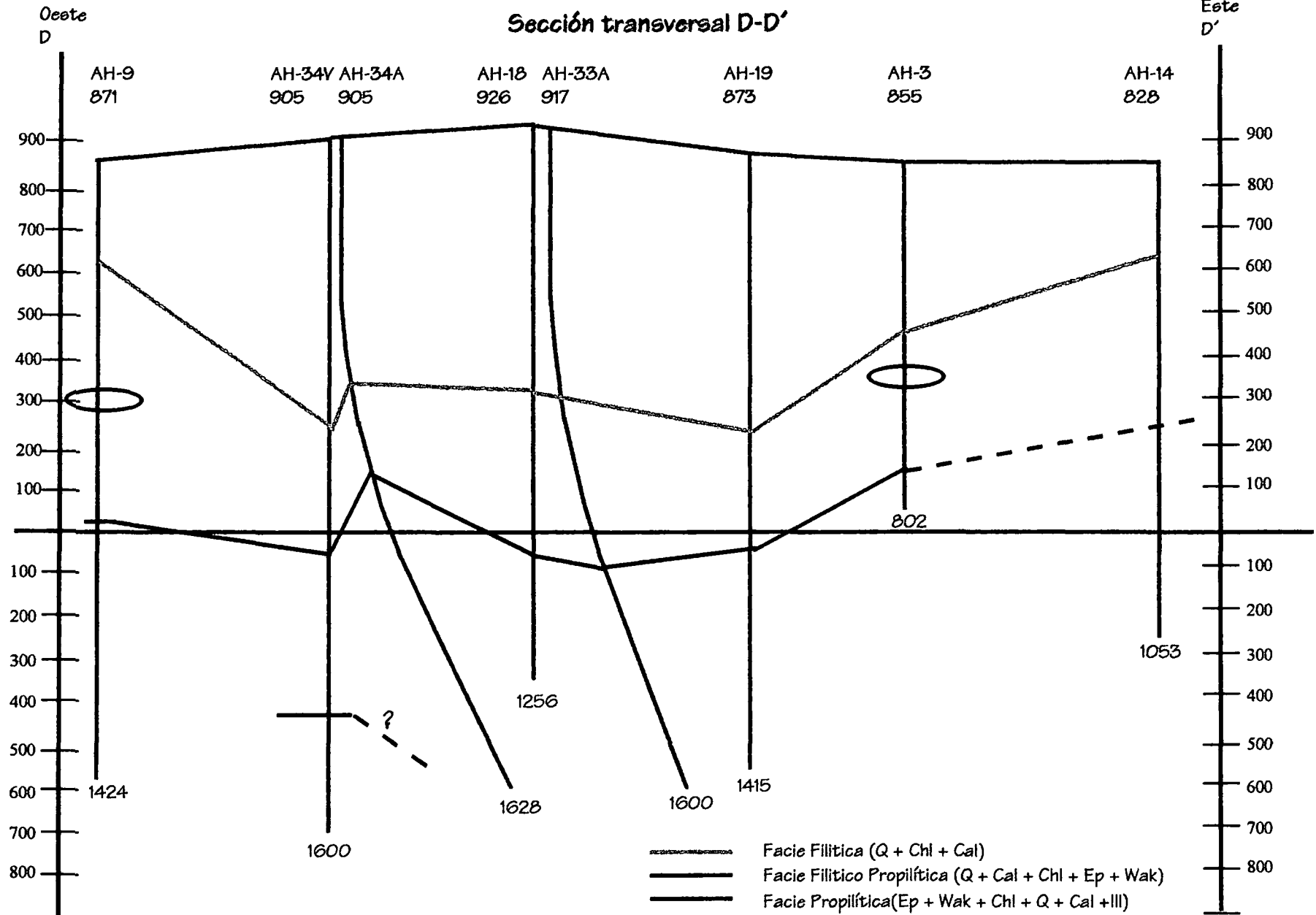


ALTERACIÓN TOTAL SECCIÓN TRANSVERSAL C - C'

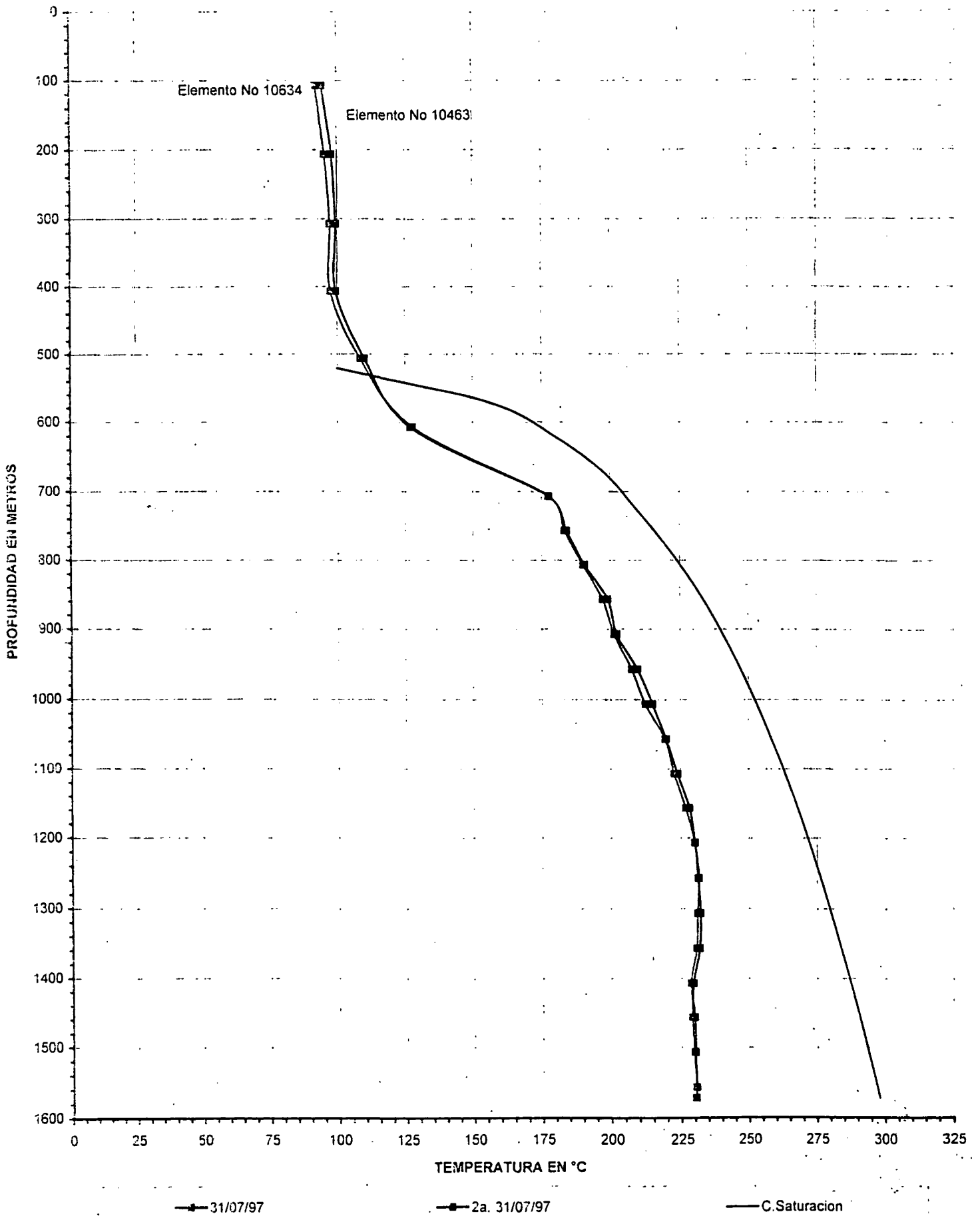


ALTERACION TOTAL

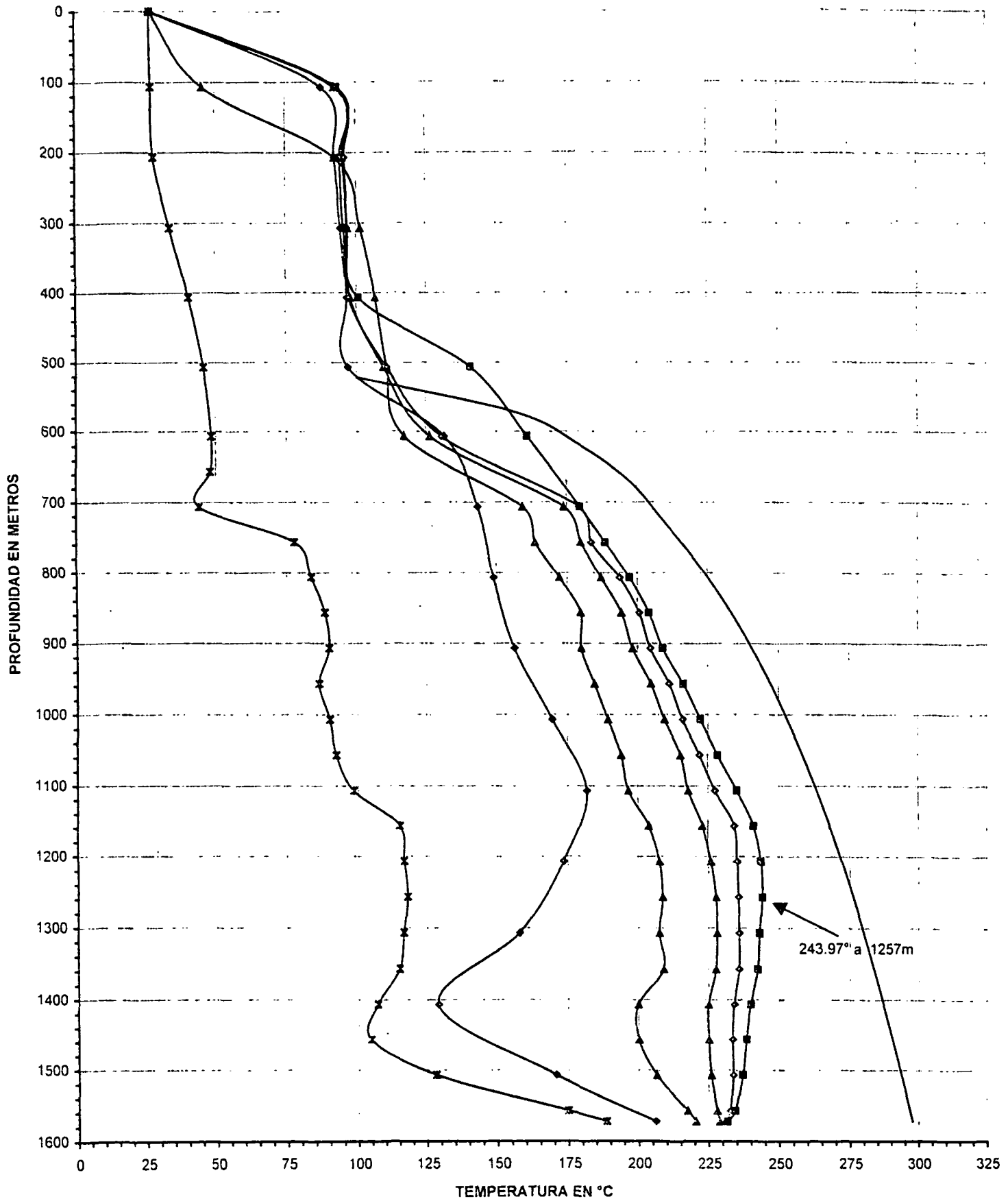
Sección transversal D-D'



REGISTRO DE TEMPERATURA POZO AH-34

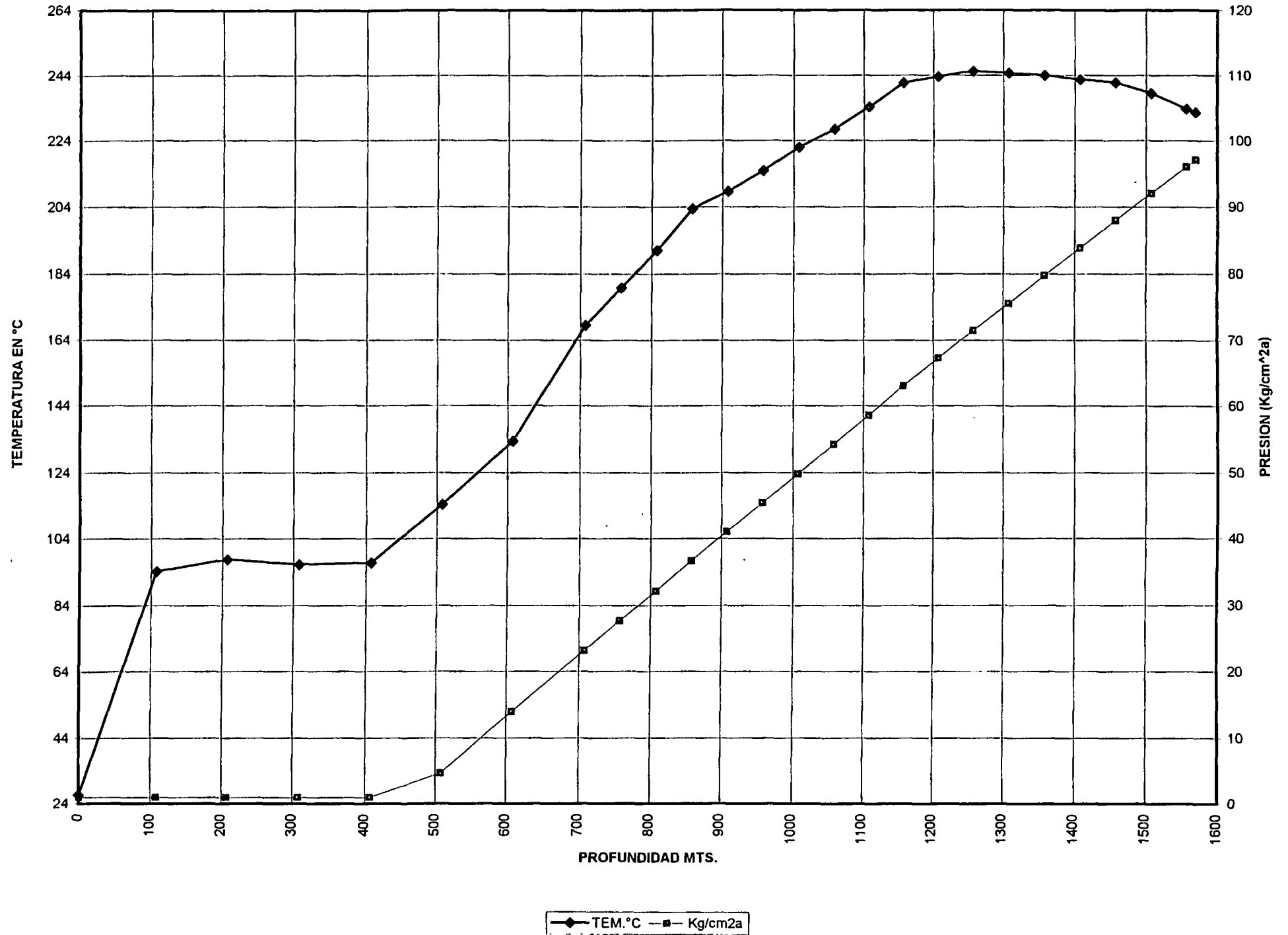


REGISTRO DE TEMPERATURA POZO AH-34

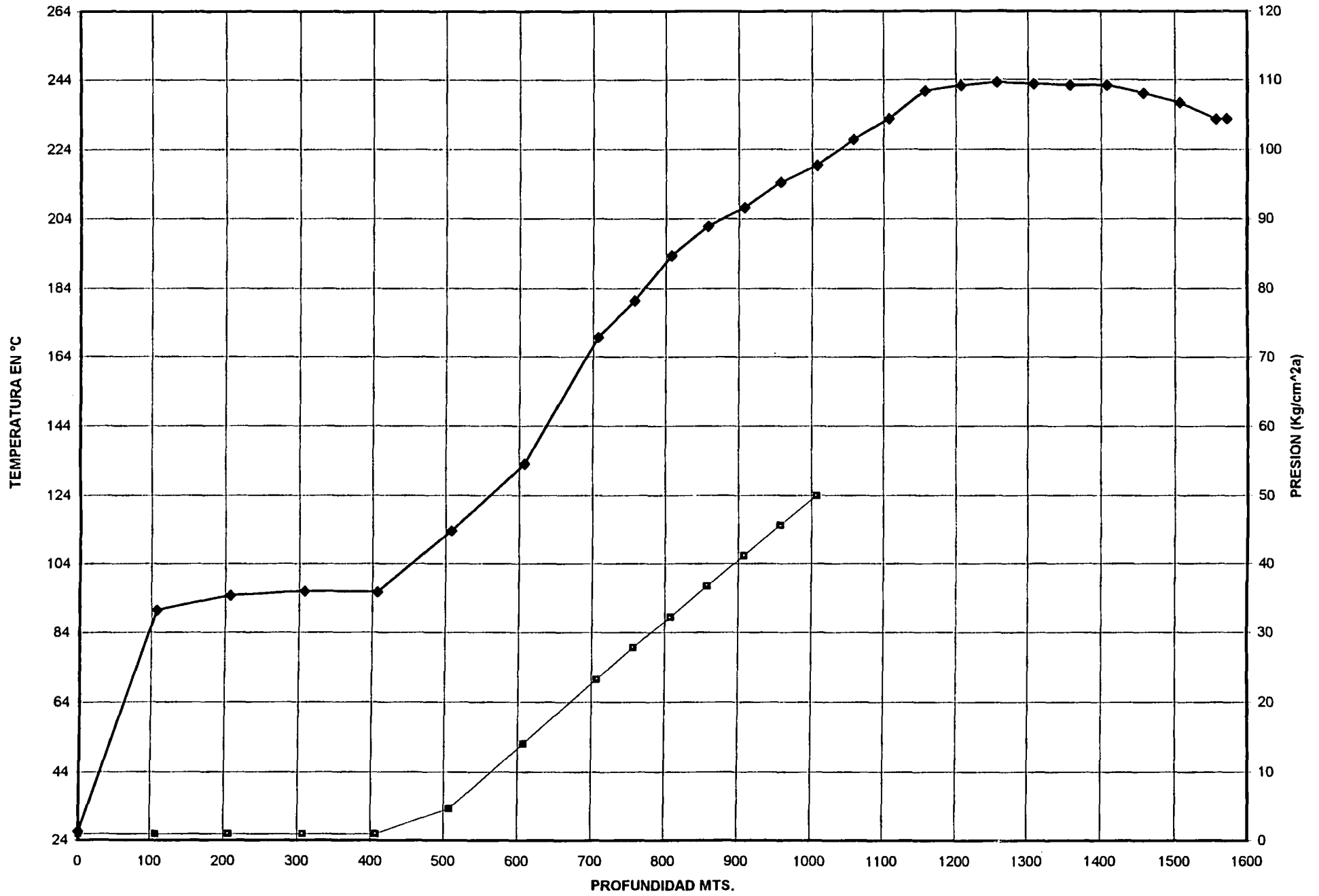


—■— 26/6/97 —◆— 28/6/97 —▲— 08/07/97 —×— 23/07/97 —●— 14/08/97 —◆— 03/09/97 ——— C.Saturacion

GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION DEL POZO AH-34 SEPT. 23/97

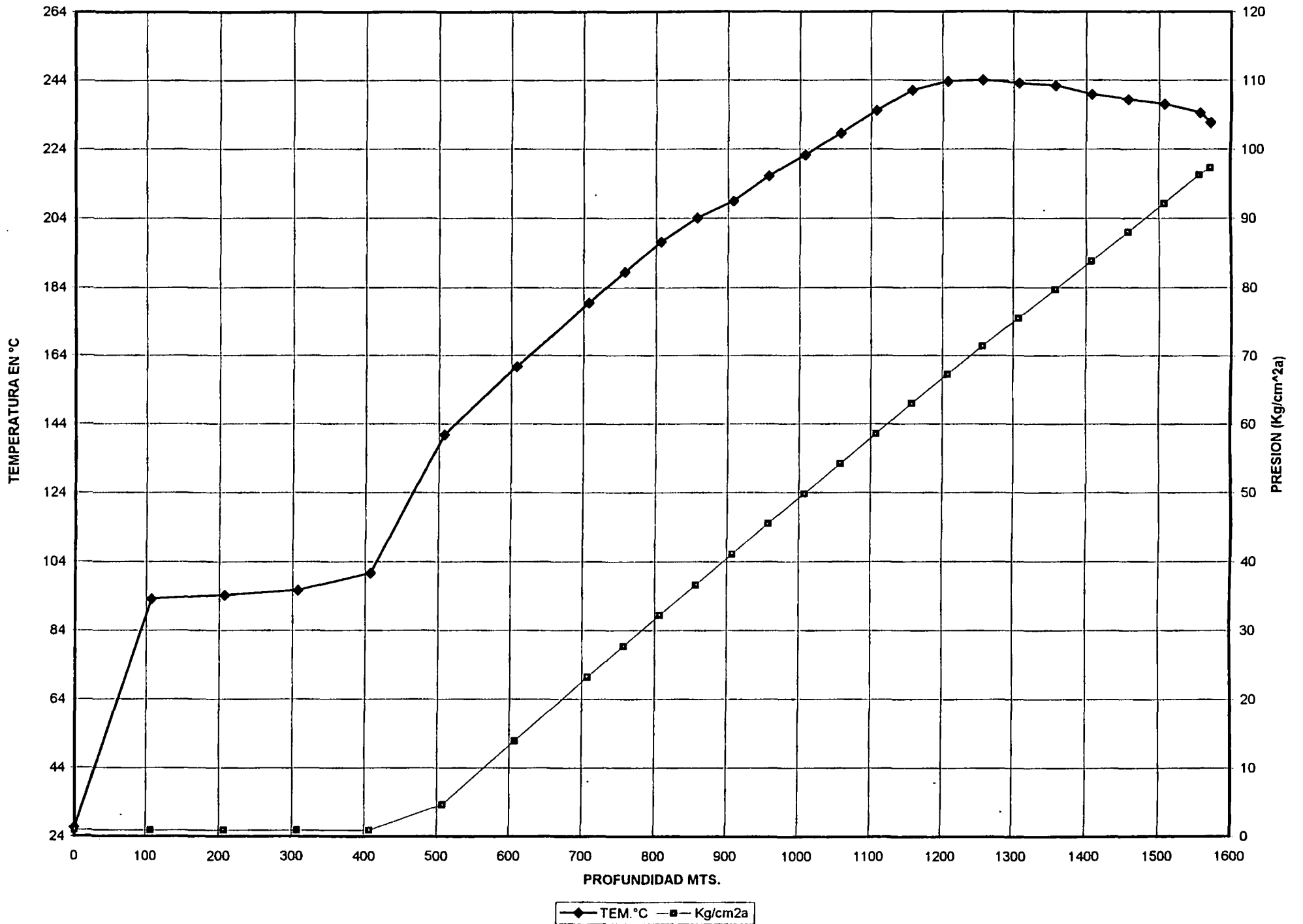


GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION DEL POZO AH-34 SEPT. 12/97

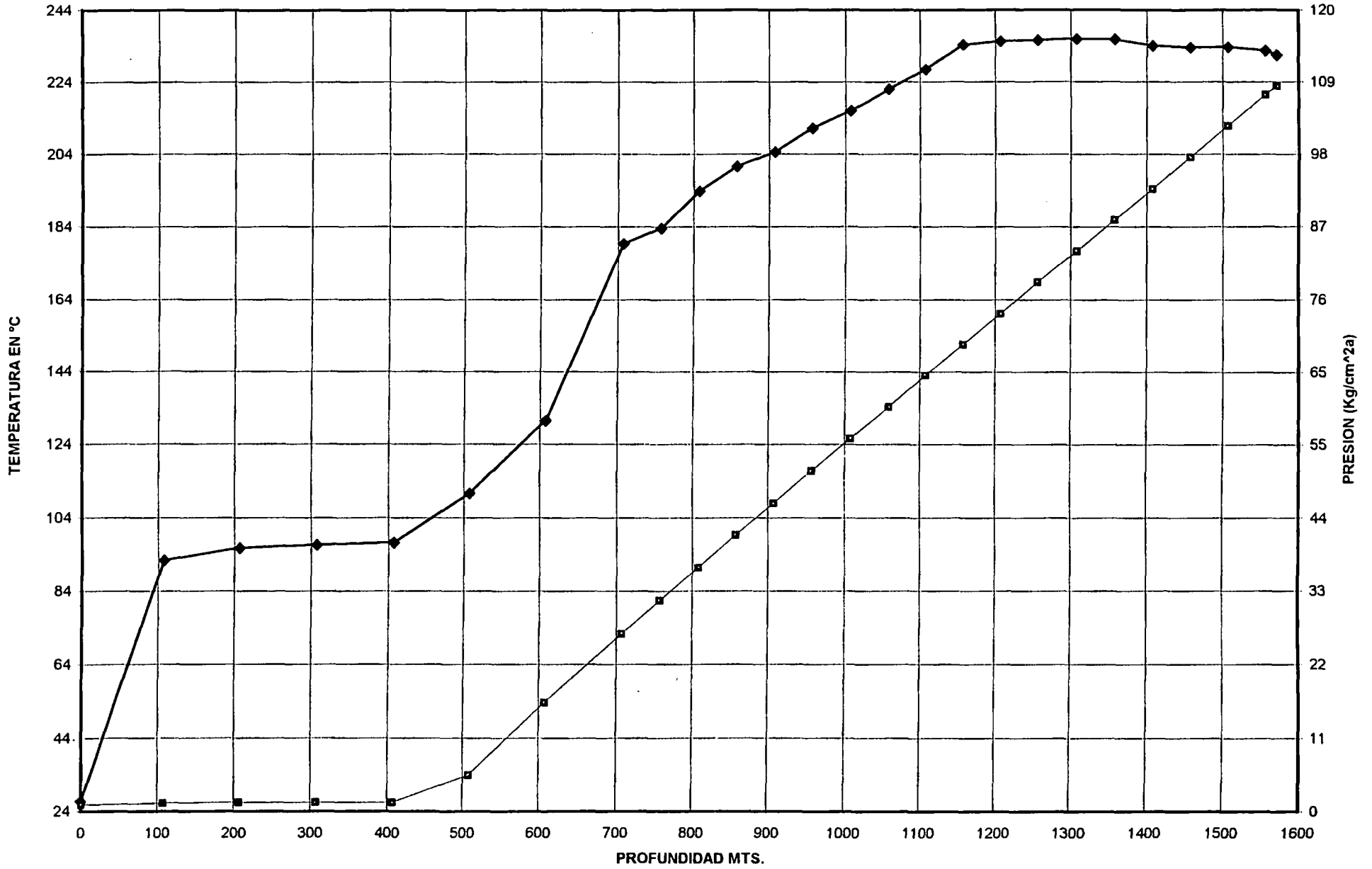


—◆— TEM. °C —■— Kg/cm²a

GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION DEL POZO AH-34 SEPT. 3/97

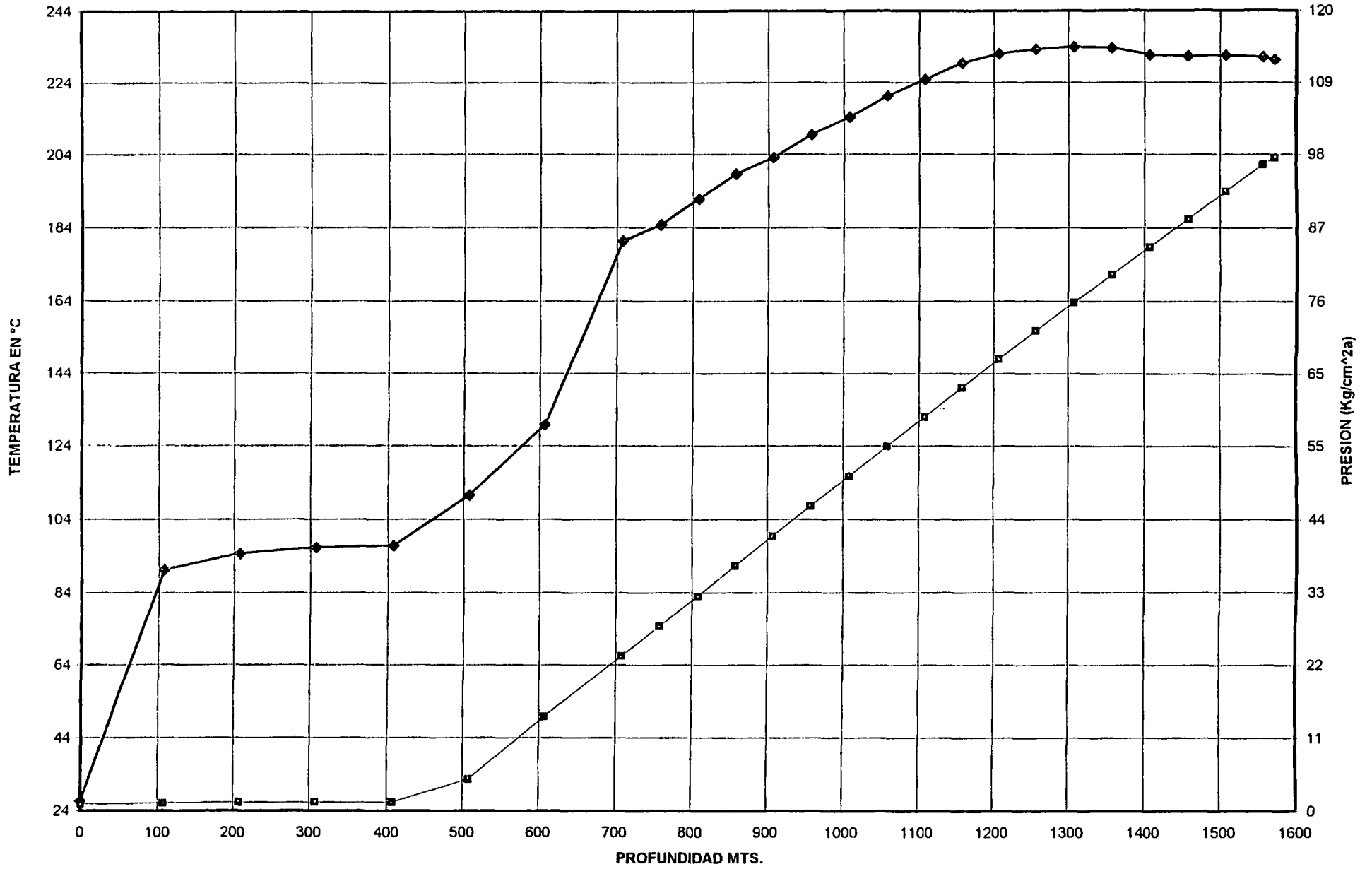


GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION DEL POZO AH-34 AGOSTO 14/97



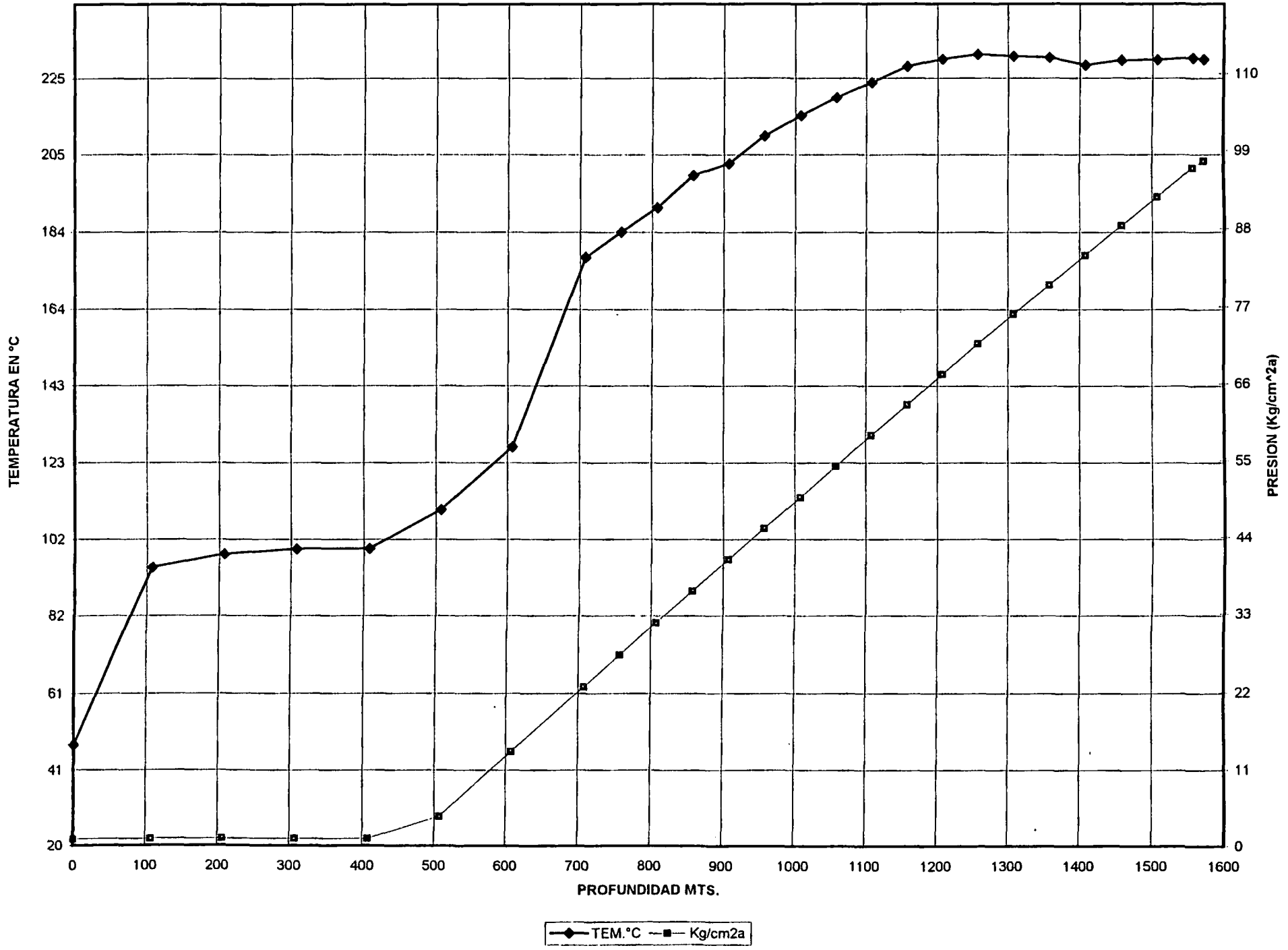
—◆— TEM. °C - - ■ - - Kg/cm²a

GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION DEL POZO AH-34 AGOSTO 7/97

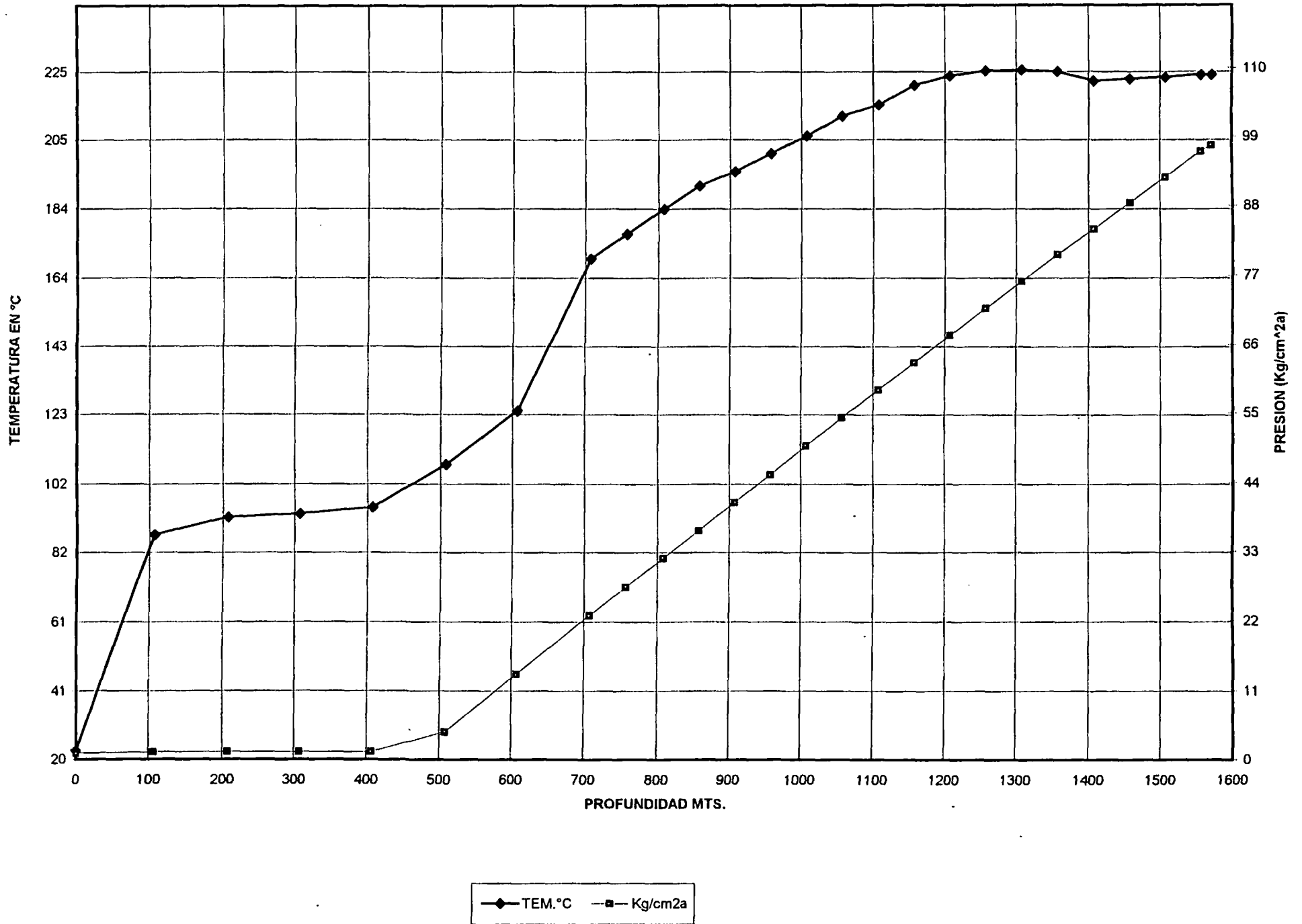


—◆— TEM.°C —■— Kg/cm²a

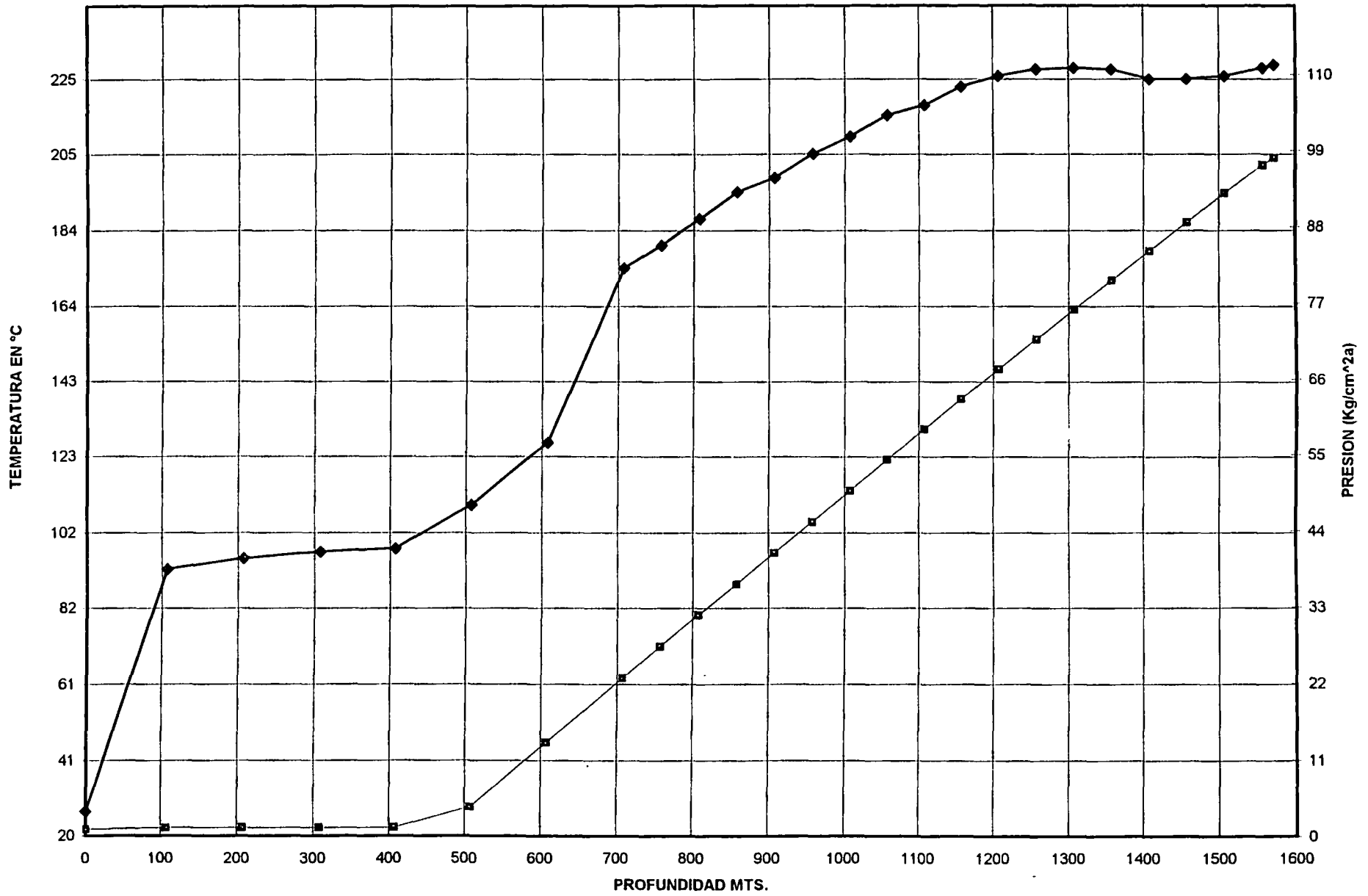
GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REGISTRO P^T DEL POZO AH-34 JULIO 31/97



GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REGISTRO P^AT DEL POZO AH-34 JULIO 30/97

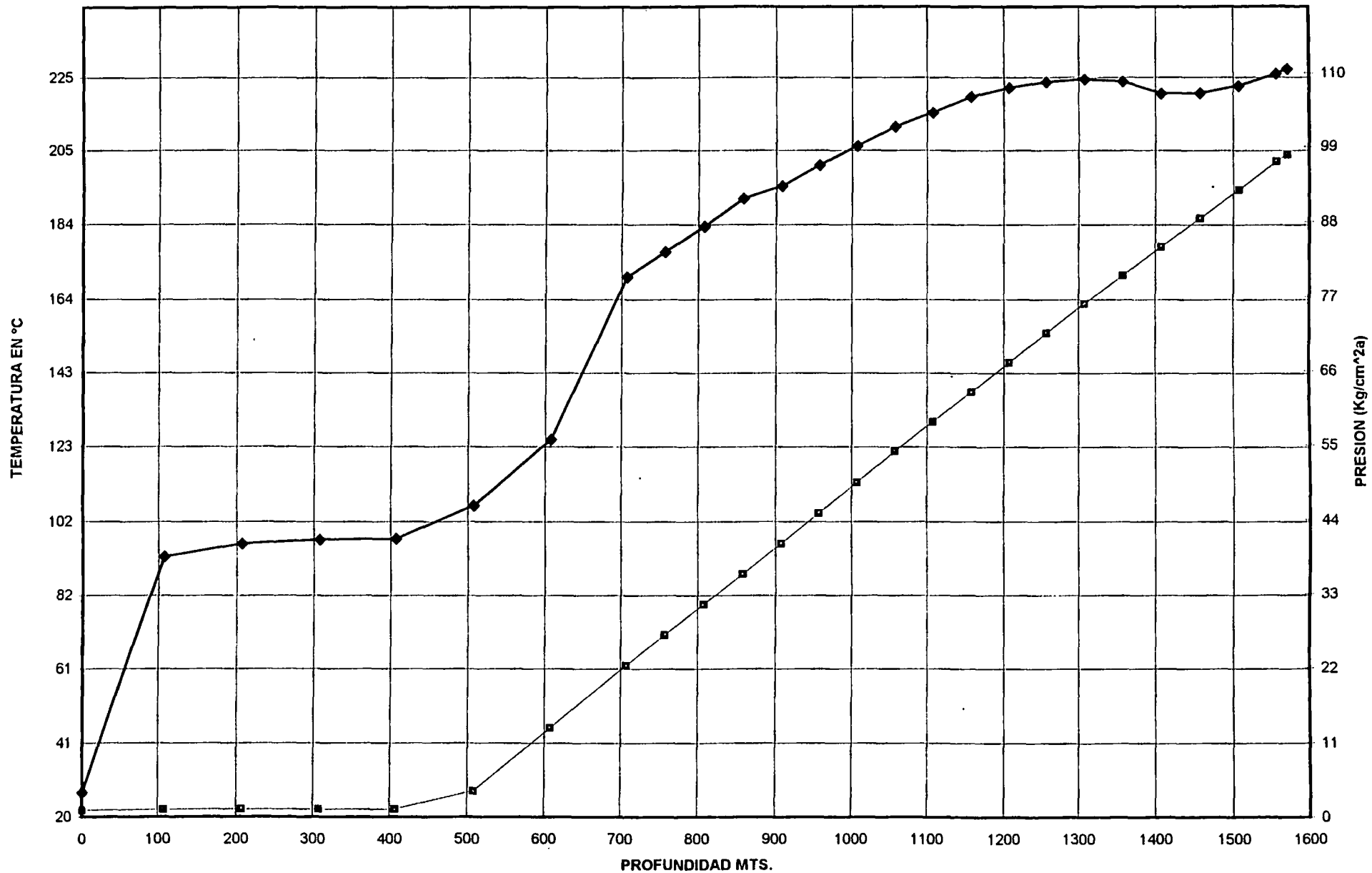


GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REGISTRO P^T DEL POZO AH-34 JULIO 23/97



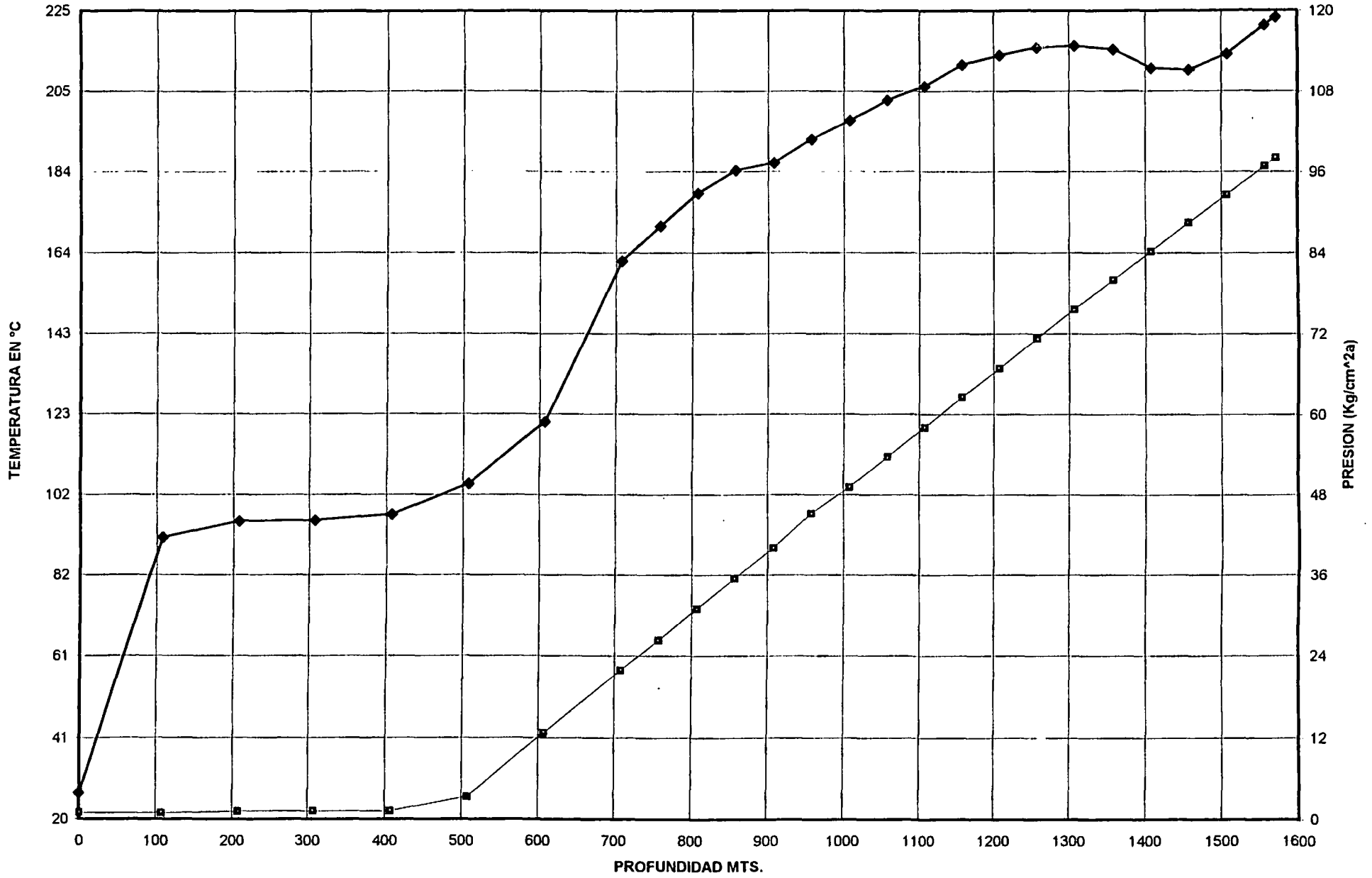
—◆— TEM.°C —■— Kg/cm²a

GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REGISTRO P^T DEL POZO AH-34 JULIO 18/97



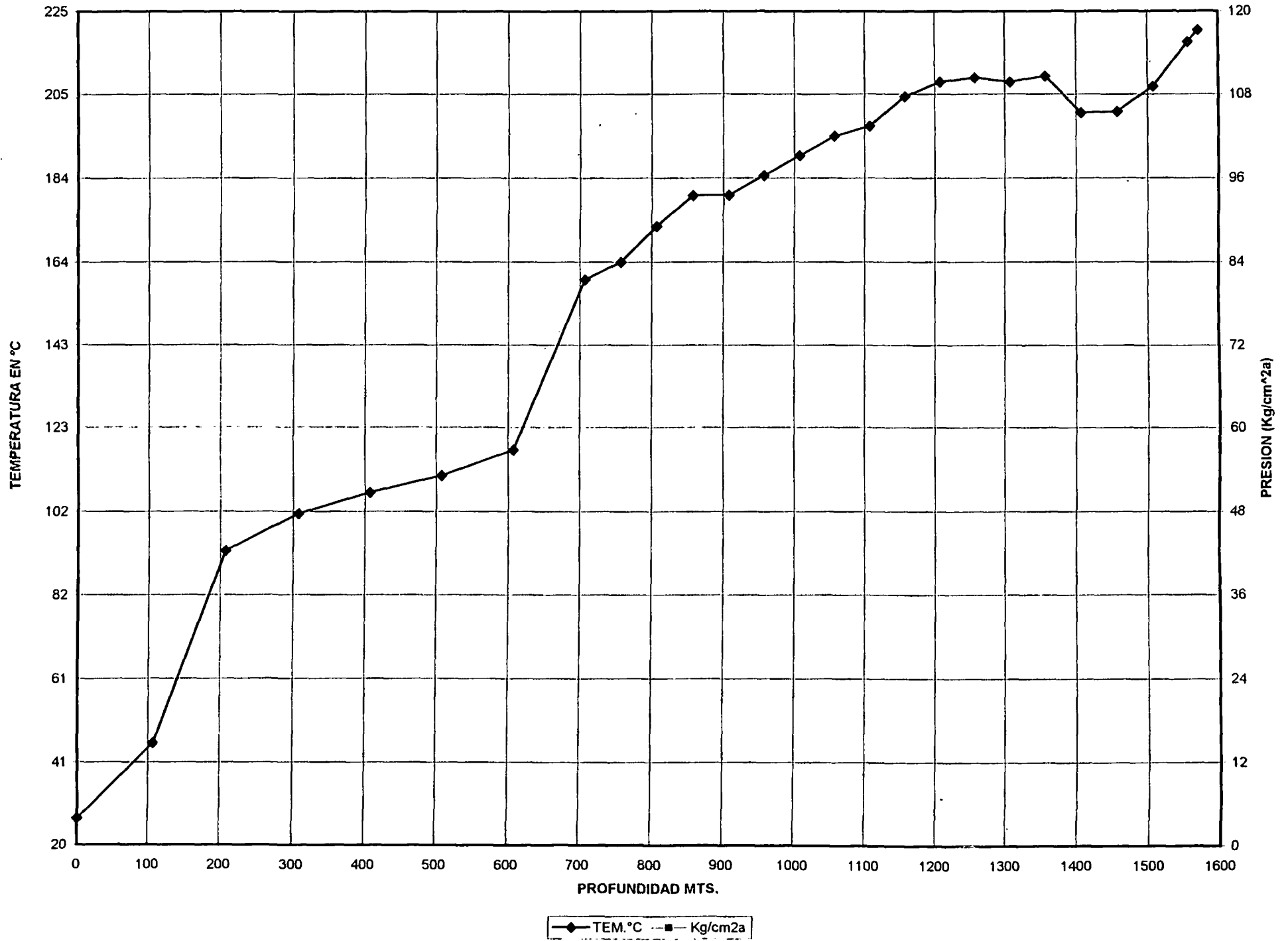
—◆— TEM. °C —■— Kg/cm²a

GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REGISTRO P^T DEL POZO AH-34 JULIO 11/97

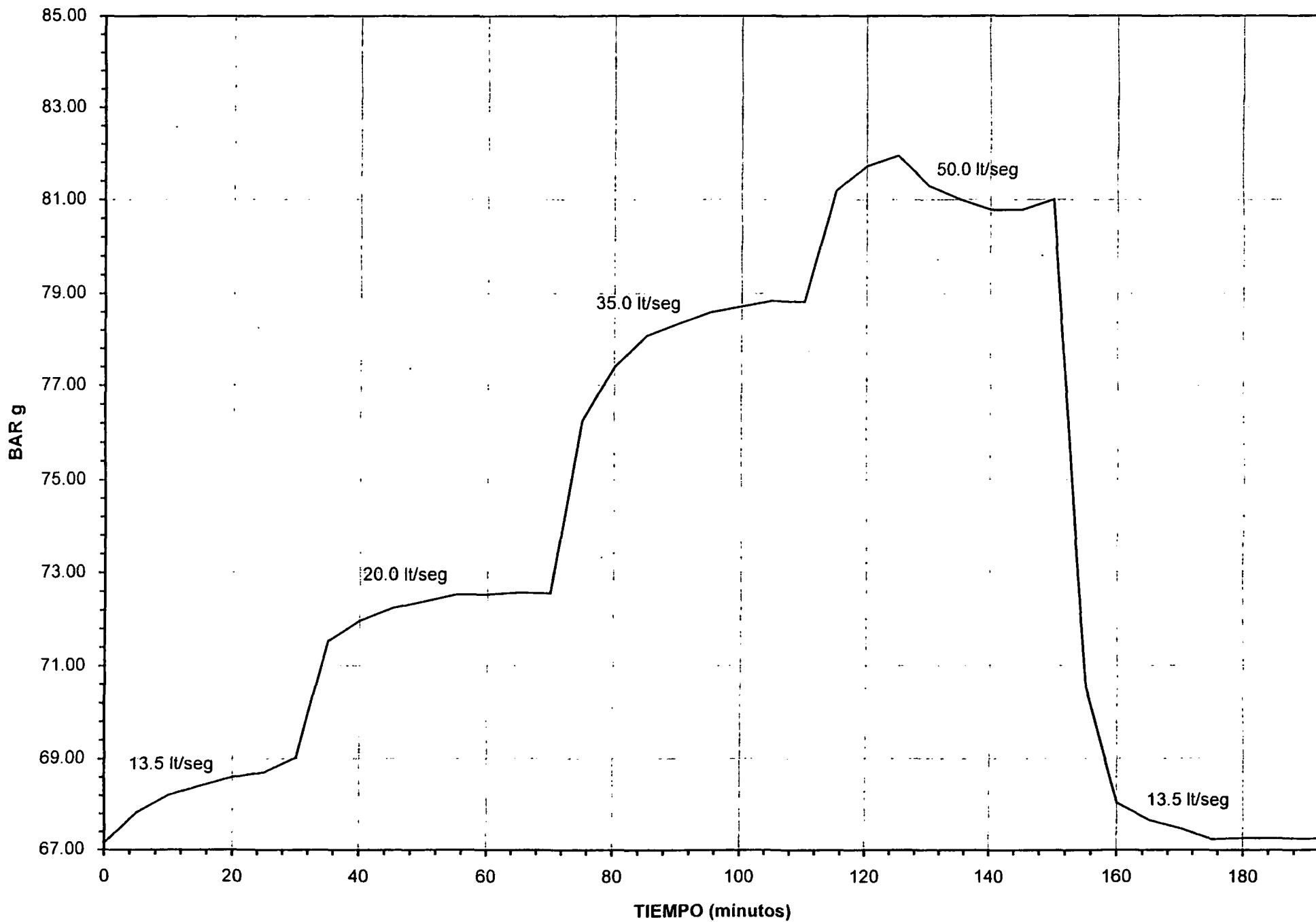


—◆— TEM. °C —■— Kg/cm²a

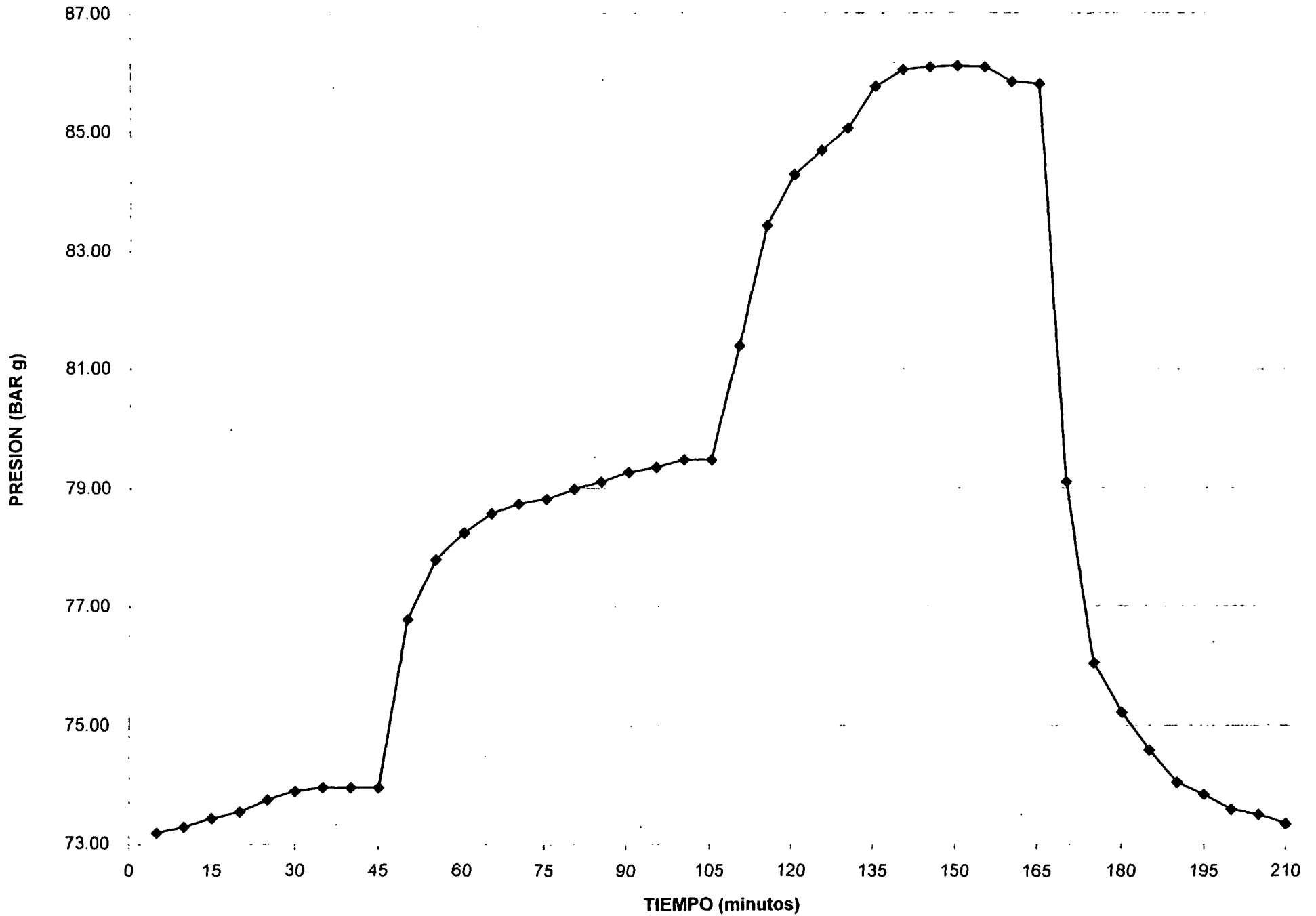
GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REGISTRO P^T DEL POZO AH-34 JULIO 08/97



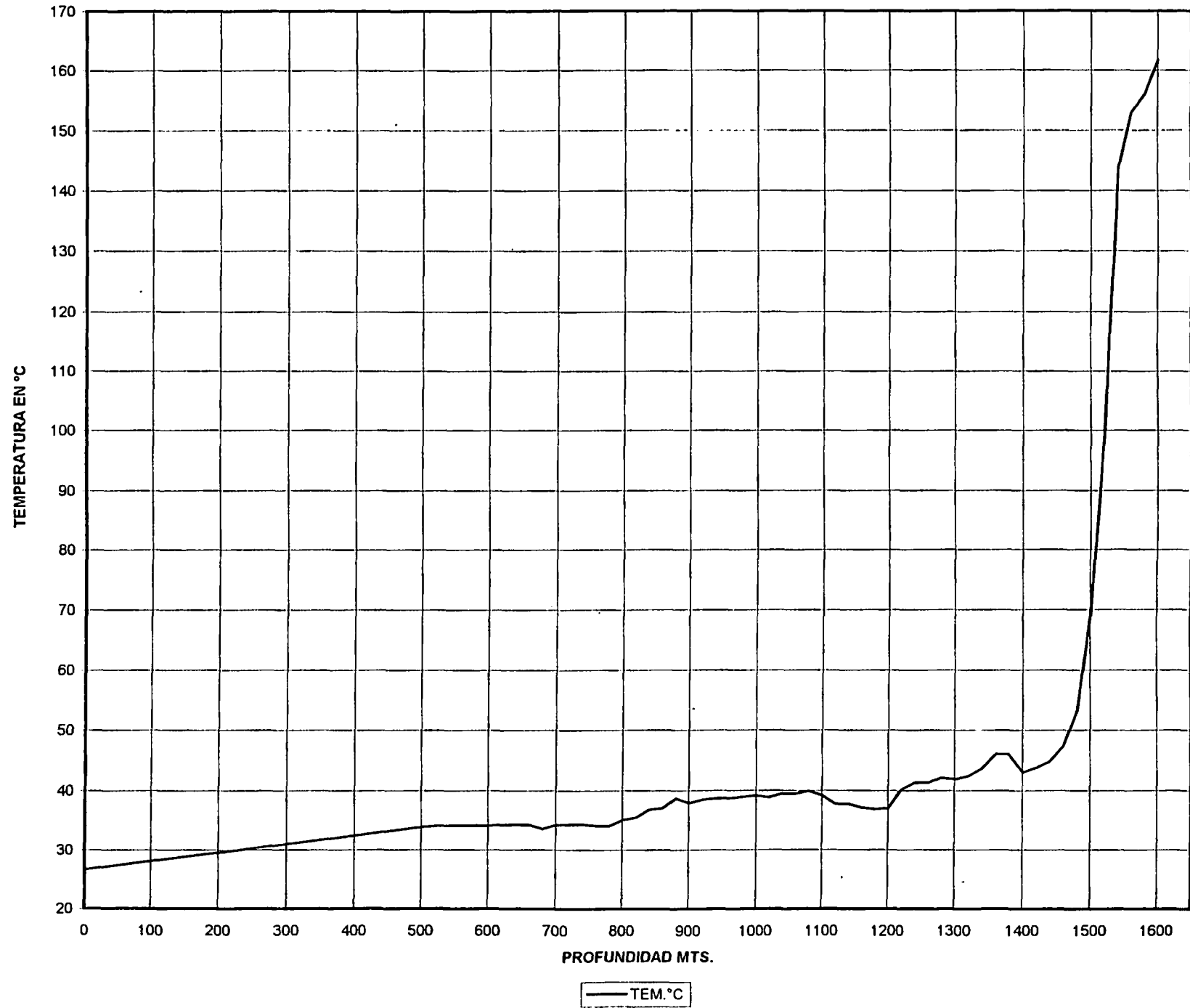
PRUEBA DE INYECTIVIDAD DEL POZO AH-34 JUNIO-18-97



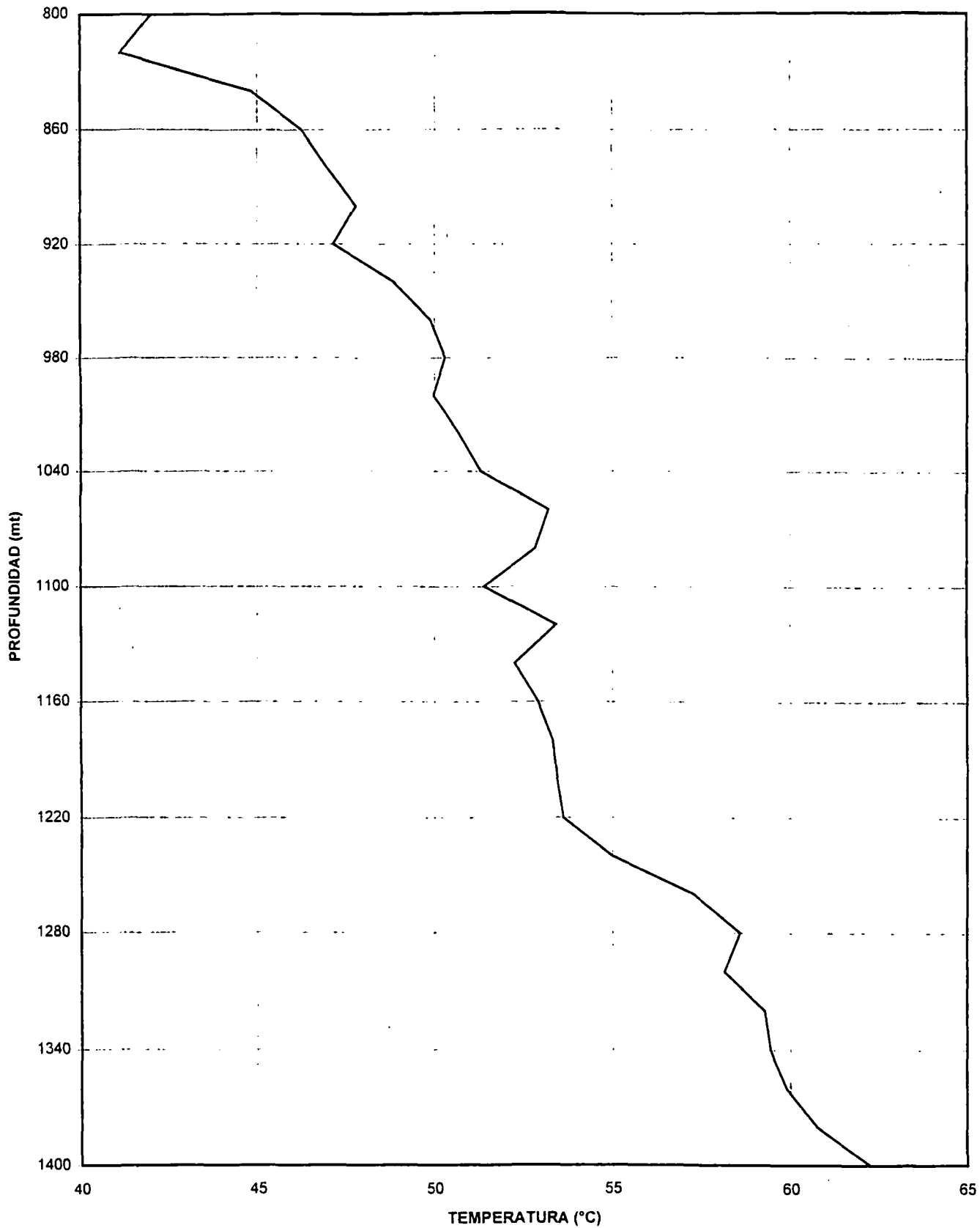
PRUEBA DE INYECTIVIDAD DEL POZO AH-34 JUNIO 24-97



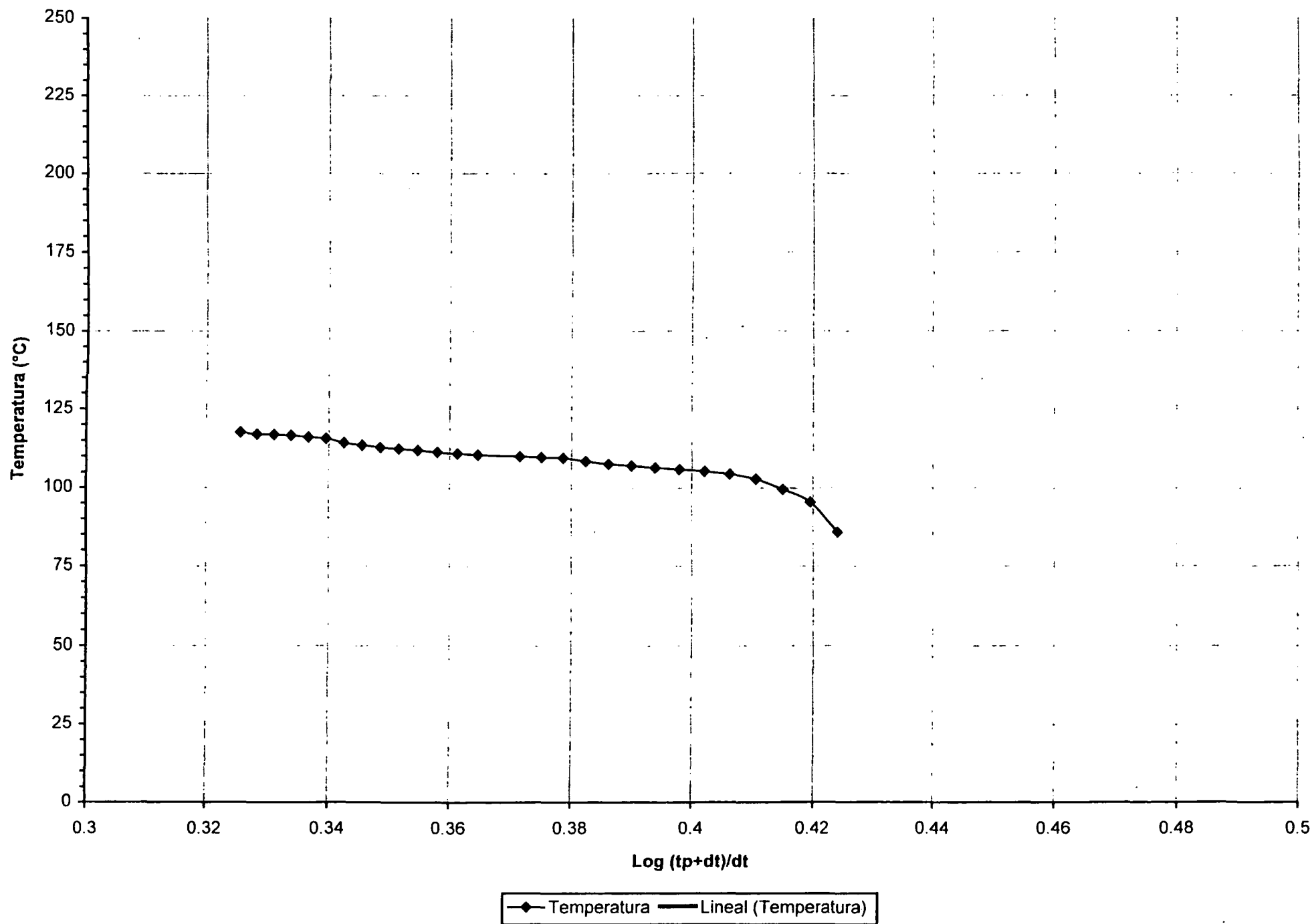
GRAFICA DE TEMPERATURA REGISTRO DINAMICO DEL POZO AH-34
JUNIO 23/97



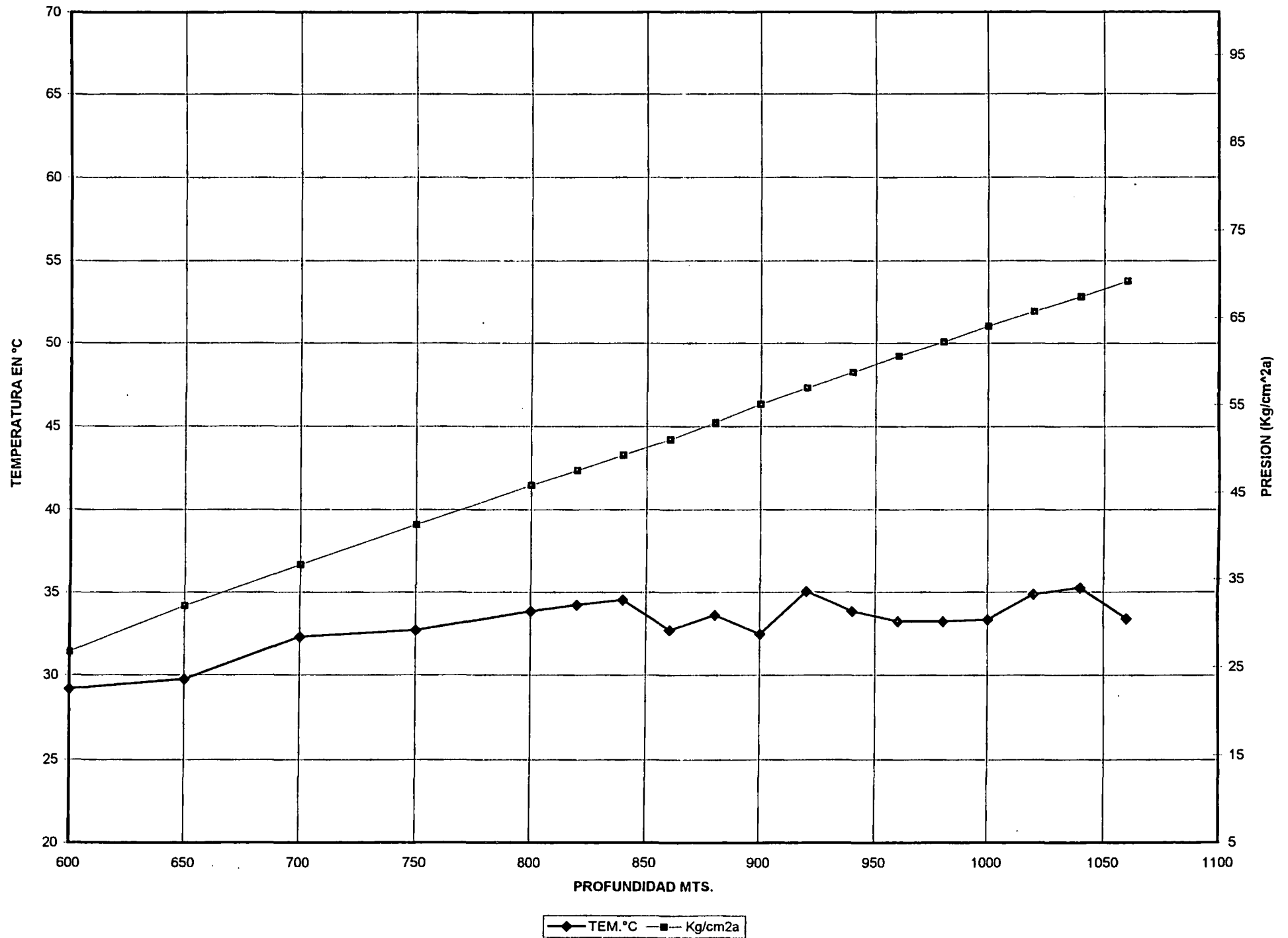
PERFIL DINAMICO DE TEMPERATURA POZO AH-34 fecha: 17/6/97



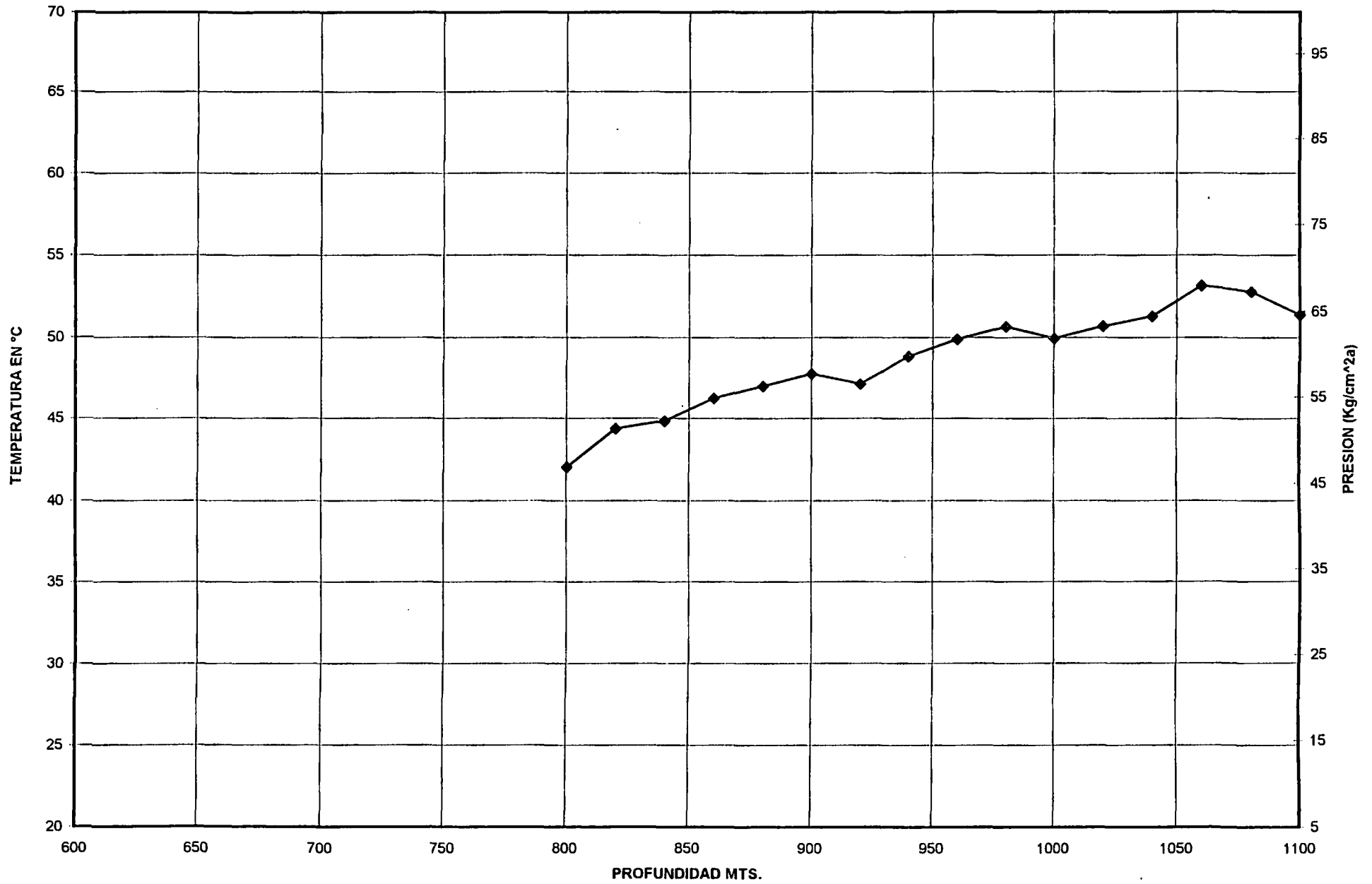
AH-34A, Temperatura de formación a 941 m. 09-10 agosto/97



GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REGISTRO DINAMICO DEL POZO AH-34 JUNIO 17/97

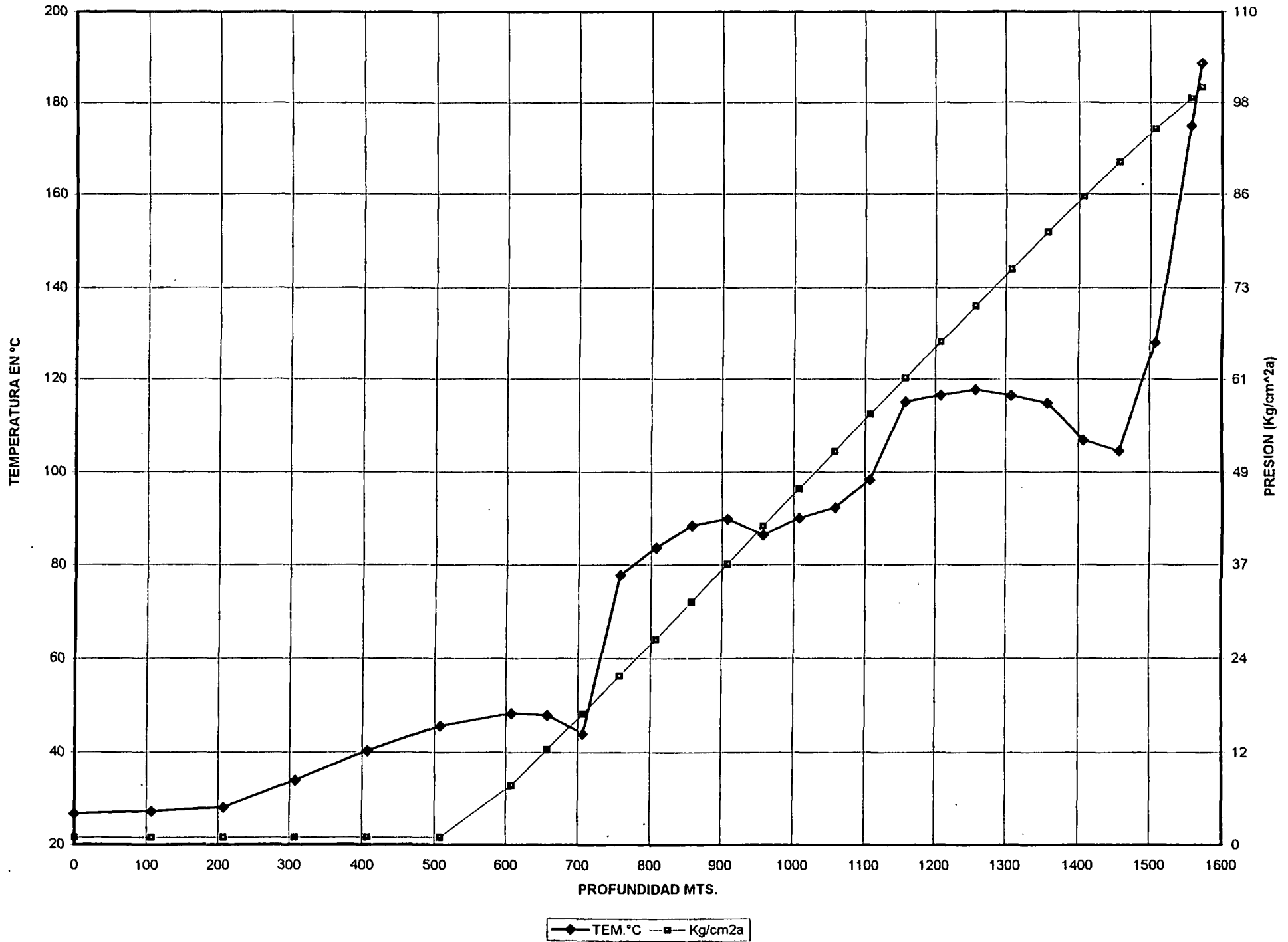


GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REGISTRO DINAMICO DEL POZO AH-34 JUNIO 18/97

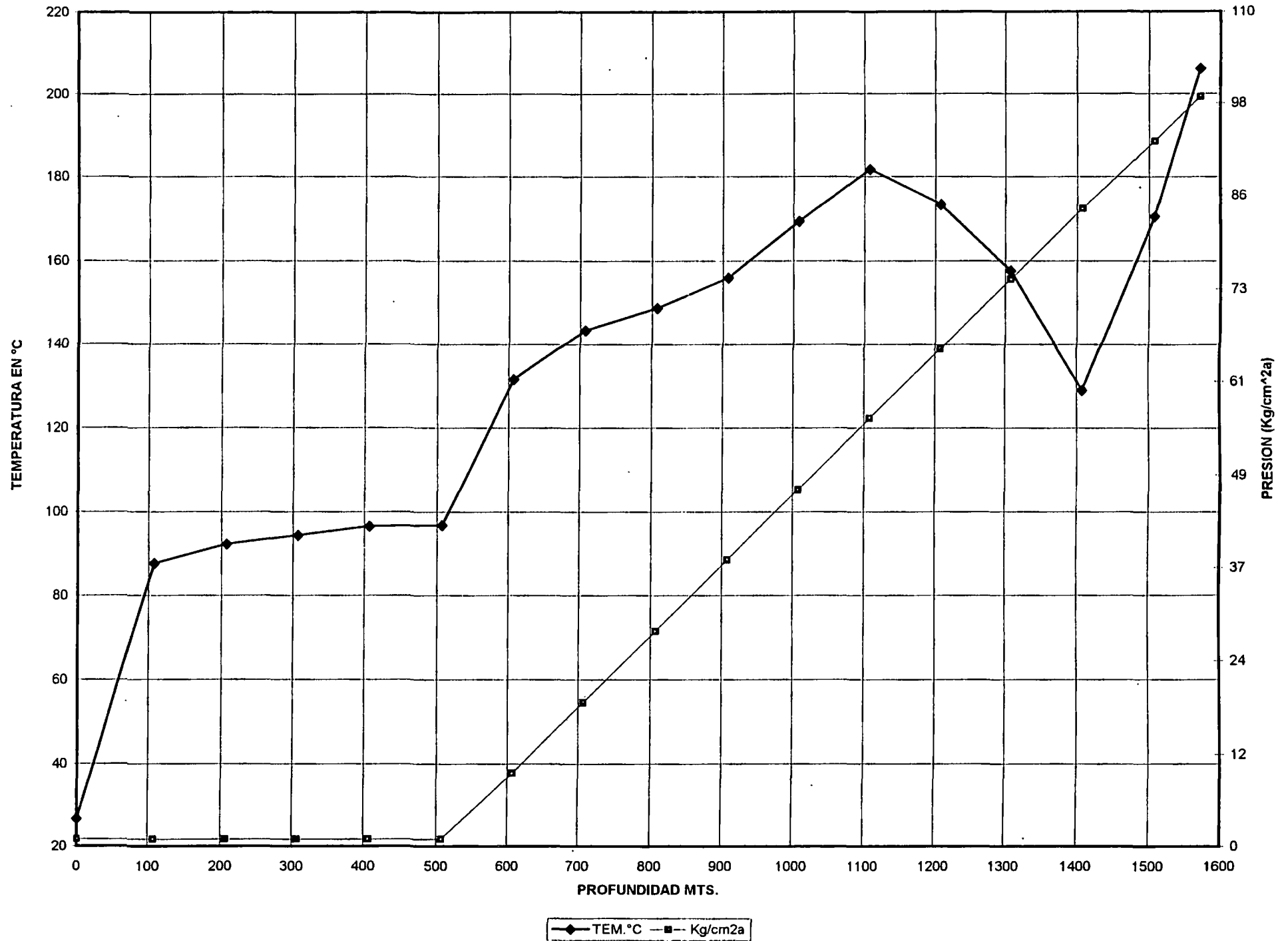


—◆— TEM. °C -■- Kg/cm²a

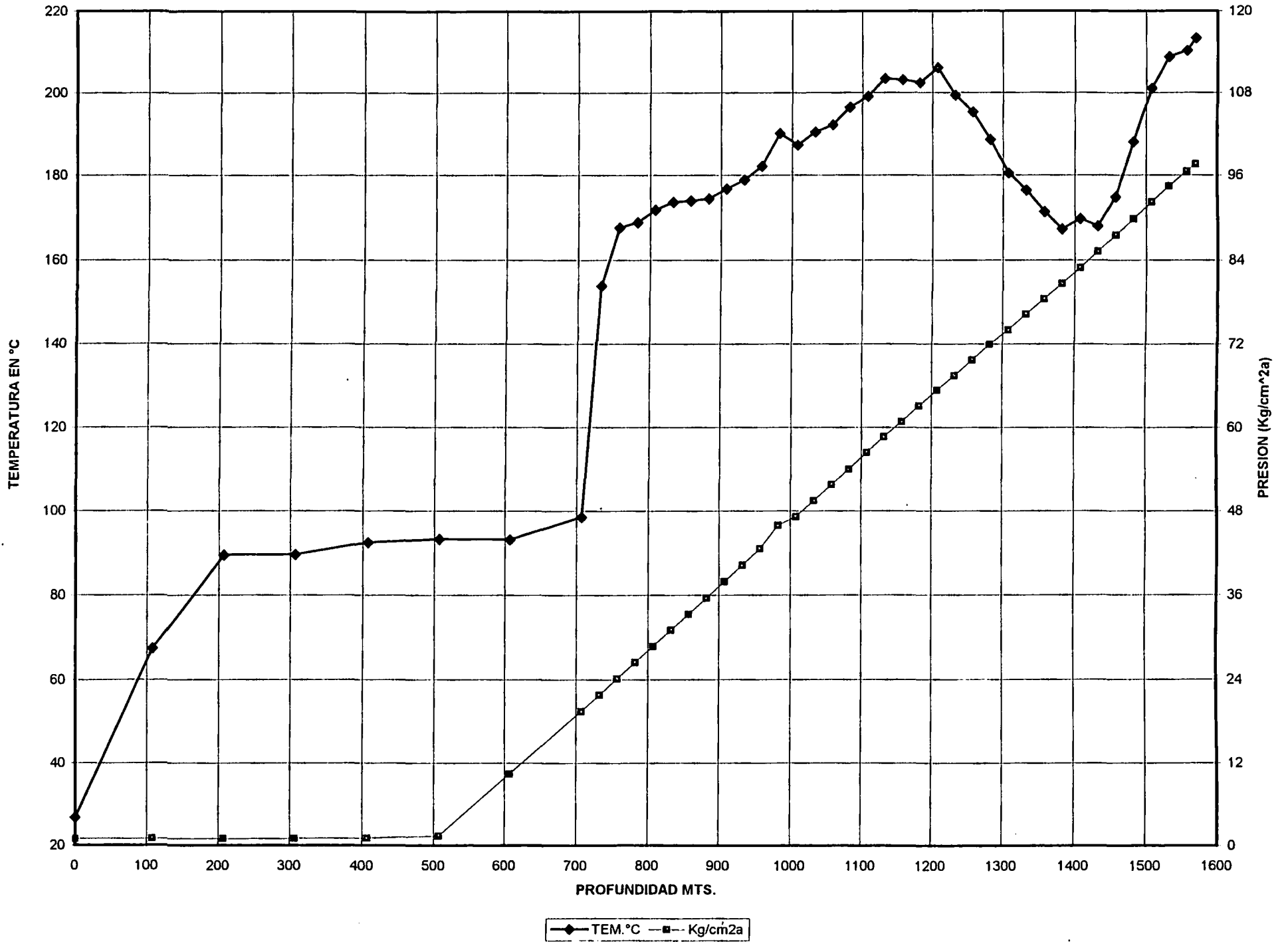
GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REGISTRO P^T DEL POZO AH-34 JUNIO 26/97



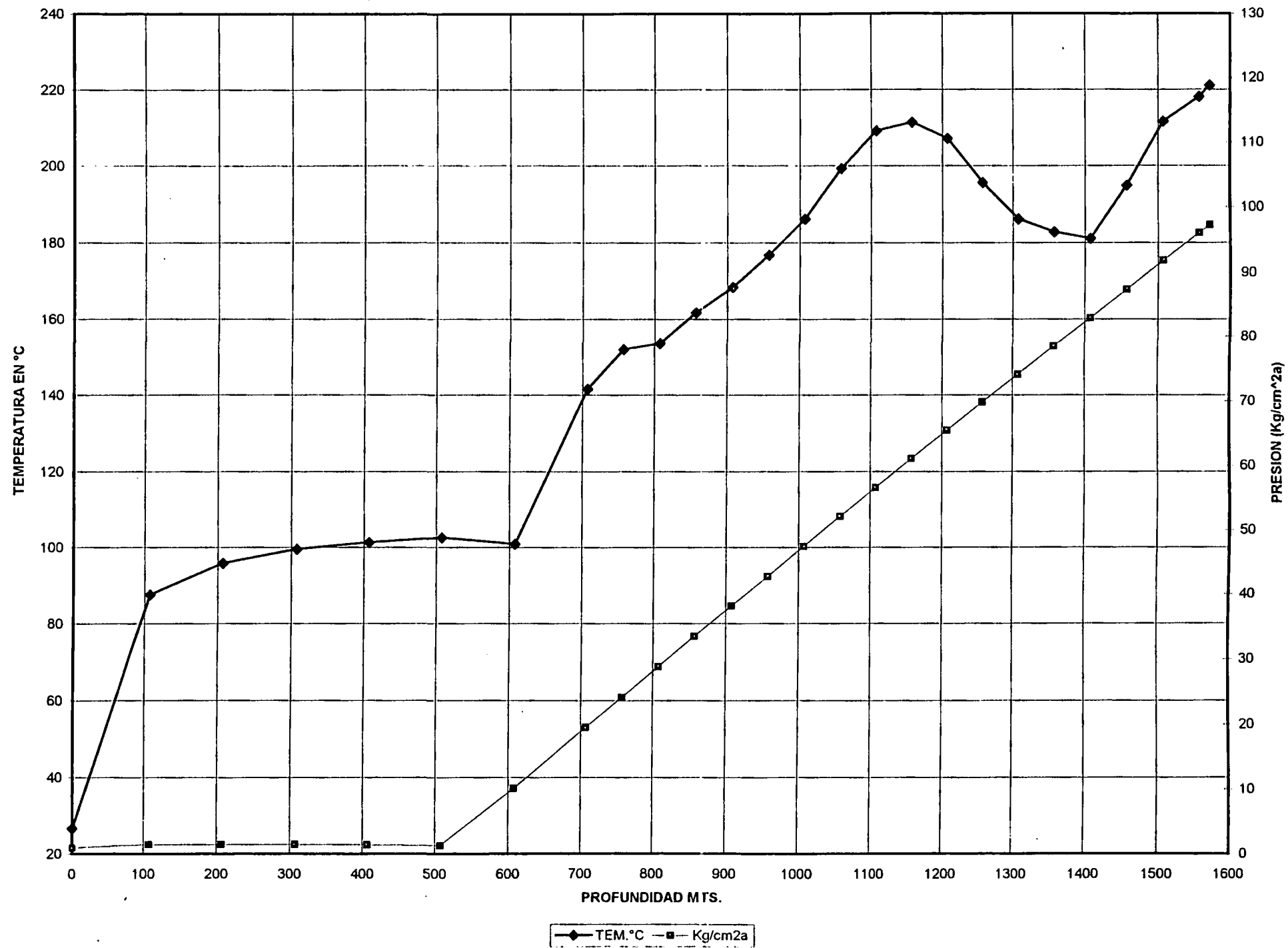
GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REL. ESTRO P^T DEL POZO AH-34 JUNIO 28/97



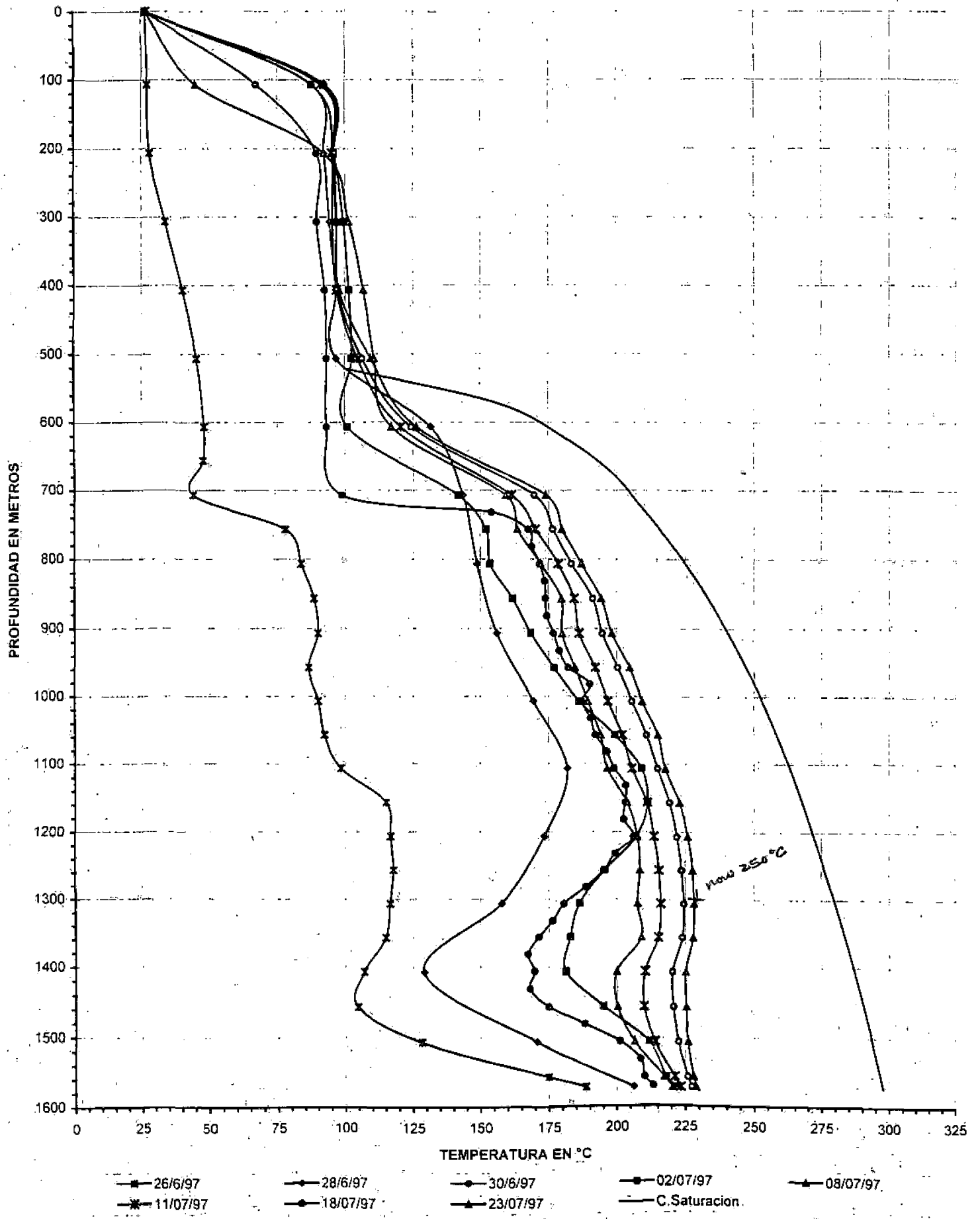
GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION REGISTRO P^AT DEL POZO AH-34 JUNIO 30/97



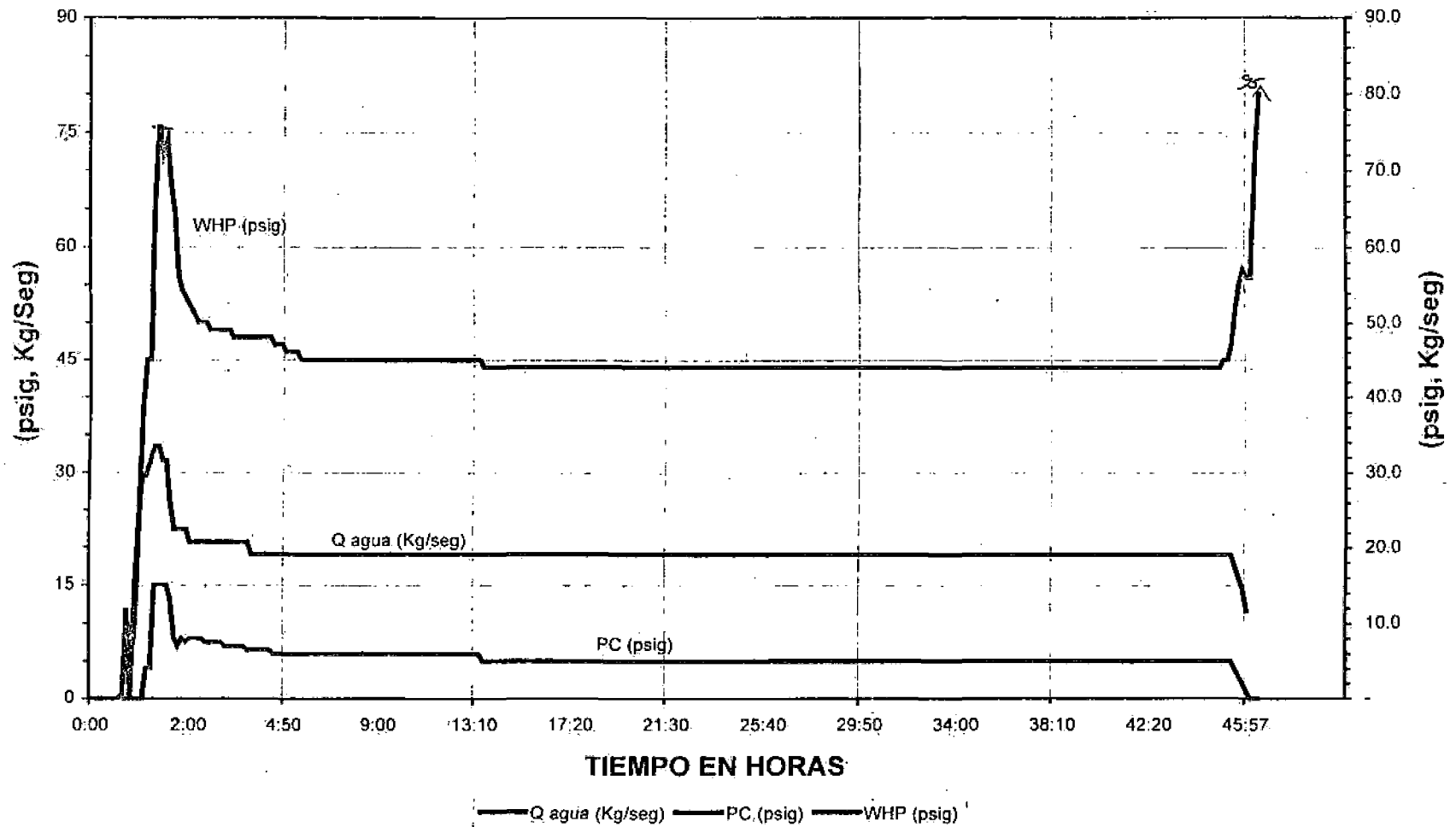
GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION RECINTRO P^T DEL POZO AH-34 JULIO 02/97



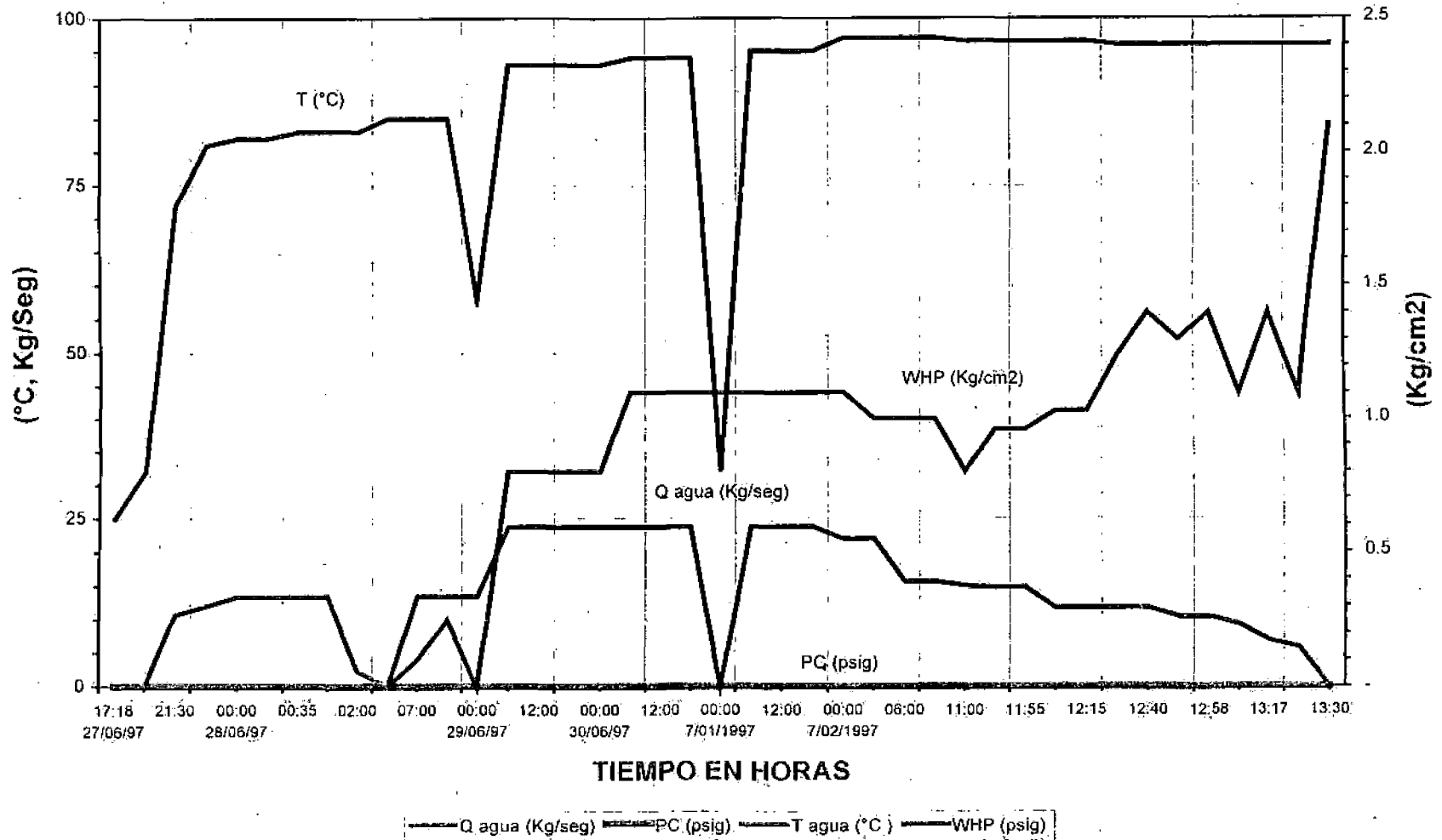
REGISTRO DE TEMPERATURA POZO AH-34



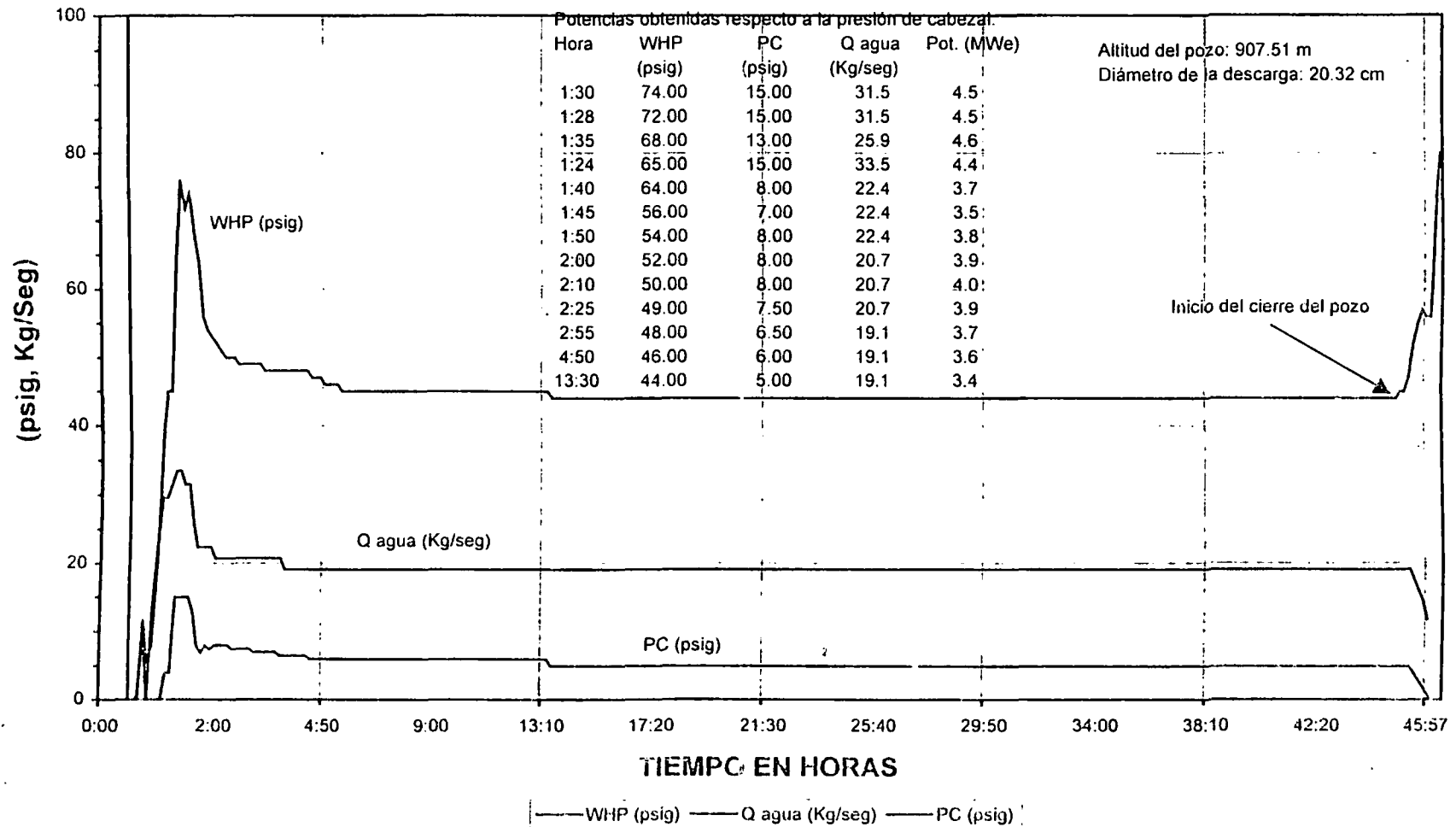
APERTURA DEL POZO AH-34 AGOSTO 28/1997



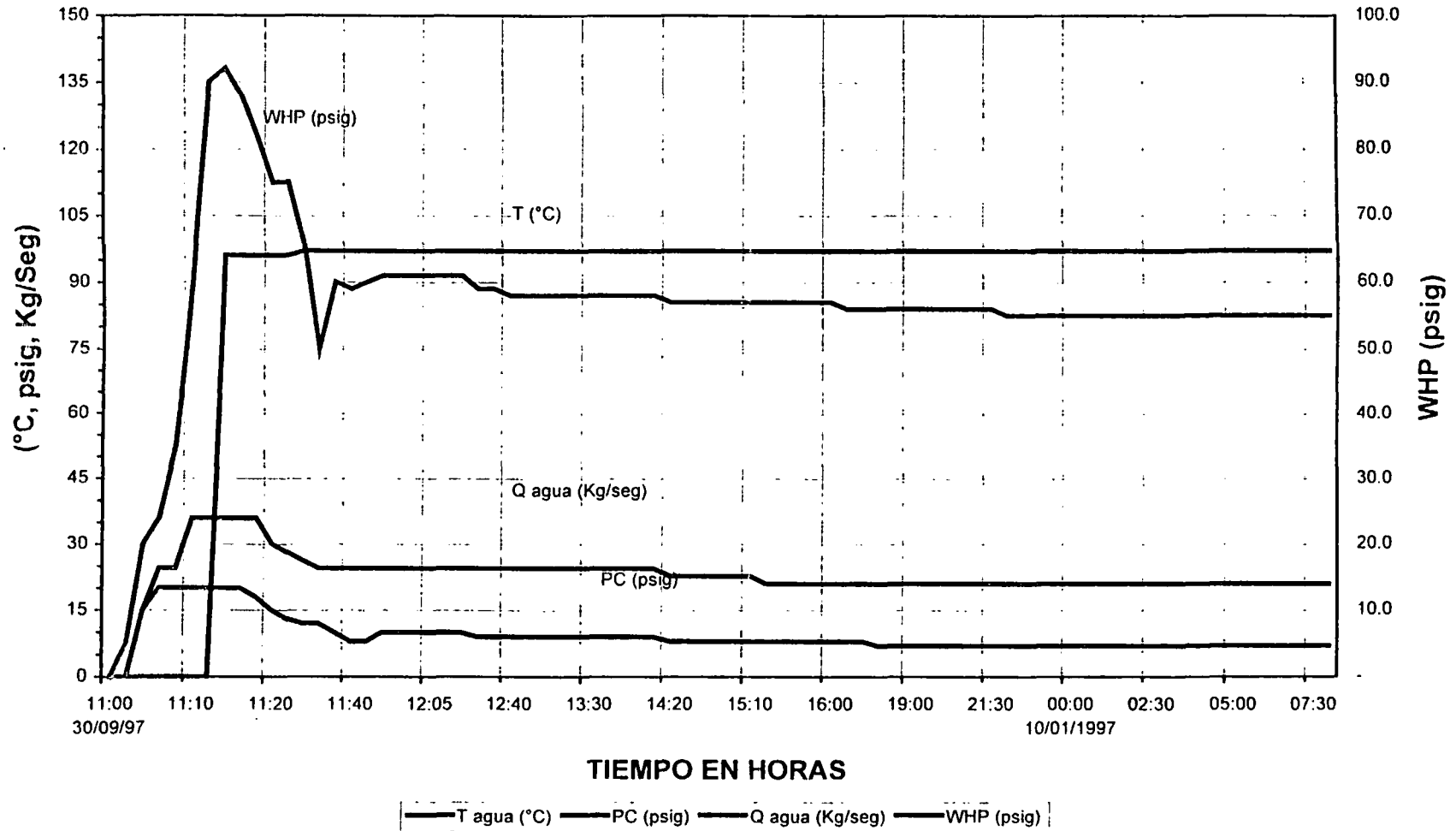
APERTURA DEL POZO AH-34 JUNIO 27/1997



APERTURA DEL POZO AH-34 AGOSTO 28/1997



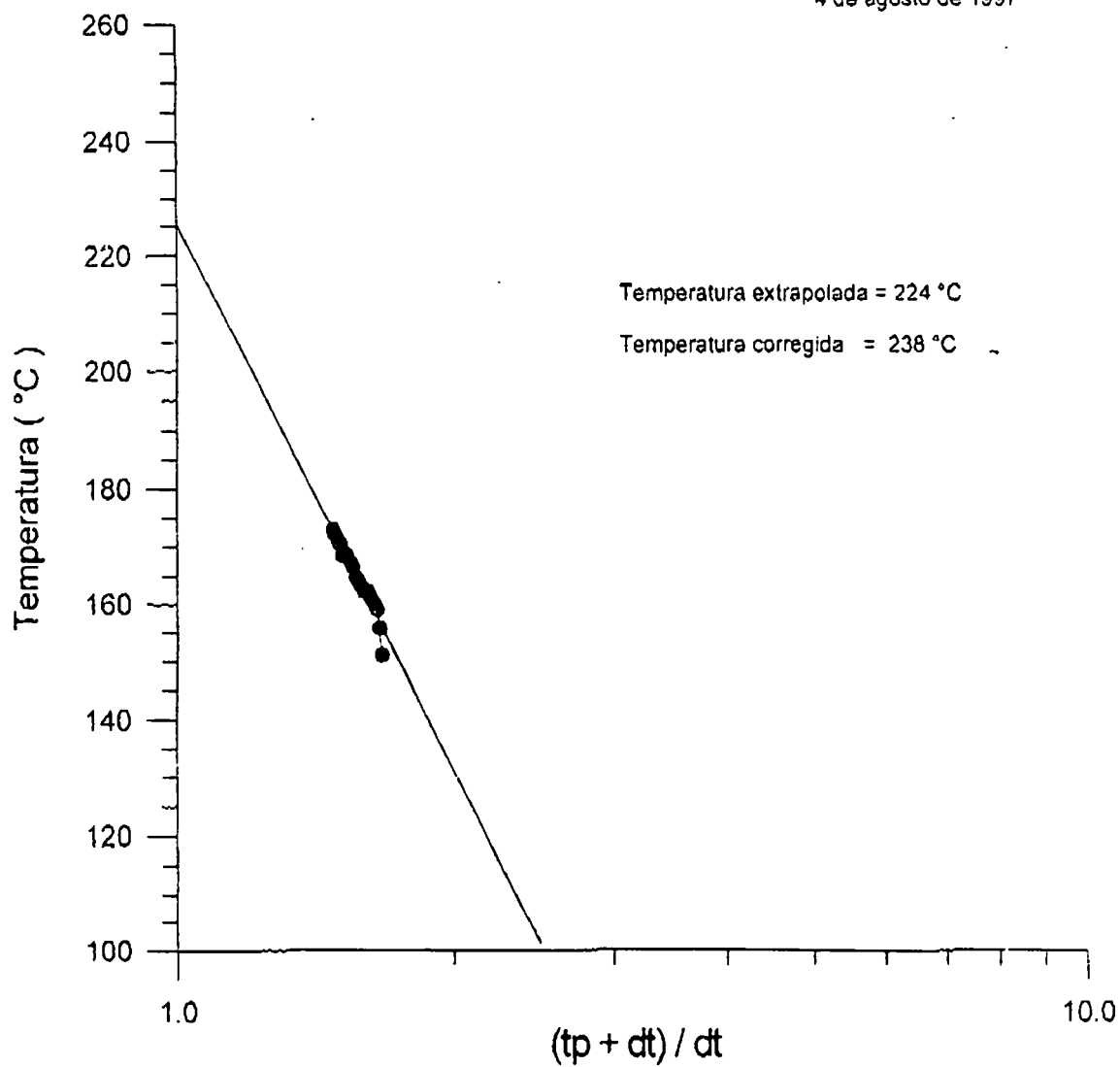
APERTURA DEL POZO AH-34 SEPTIEMBRE 30/1997



POZO AH-33 A

Temperatura estática de formación a 955 metros de profundidad

4 de agosto de 1997



JMH/

POZO: AH-33 B

01-Oct-97

CALCULO DE LA TEMPERATURA ESTATICA DE LA FORMACION

Tramo 100 m de la Estacion

*63
13
73
31
47*

	Hora	Min	seg	HORA	METROS
PROFUNDIDAD 1	10	30	0	10:30:00 AM	625.0
PROFUNDIDAD 2	13	15	0	01:15:00 PM	630.0
PROFUNDIDAD INTERES:				10:30:00 AM	625.0
SUSPENSION DE CIRCULACION DE LODOS:	18	30	0	06:30:00 PM	
TIEMPO DE ENFRIAMIENTO tp, minutos:				480.0	
INICIO REGISTROS	21	58	0	09:58:00 PM	
TIEMPO DE RECUPERACION TERMICA (minutos)				208	
lpd =				3.20	
TBD(lpd) =				0.180	
PENDIENTE (m, Celcius/ciclo)				198	
TEMPERATURA EXTRAPOLADA (Celcius)				136	
TEMPERATURA ESTATICA (Celcius)				172	

	Temperatura
625m +	
AH-34	141 °C
AH-34A	118 °C
AH-33A	155 °C
AH-33B	172 °C

REGISTROS FECHA: 30/09/97

HORA	(dt)	(tp + dt)/dt	Temperatura	Log[(tp + dp)/dp]		
Horas Min seg						
21 58	09:59:00 PM	208	3.3077	26.7	0.5195251	34.373
22 3	10:03:00 PM	213	3.2535	62.3	0.51235363	35.78015
22 8	10:08:00 PM	218	3.2018	62.9	0.50539893	37.14476
22 13	10:13:00 PM	223	3.1525	65.9	0.49865048	38.46891
22 18	10:18:00 PM	228	3.1053	67.9	0.49209841	39.75452
22 23	10:23:00 PM	233	3.0601	69.7	0.48573361	41.00339
22 28	10:28:00 PM	238	3.0168	71.0	0.47954749	42.2172
22 33	10:33:00 PM	243	2.9753	72.2	0.47353202	43.39752
22 38	10:38:00 PM	248	2.9355	73.1	0.4676797	44.54583
22 43	10:43:00 PM	253	2.8972	73.7	0.46198345	45.66352
22 48	10:48:00 PM	258	2.8605	75.1	0.45643666	46.75189
22 53	10:53:00 PM	263	2.8251	77.9	0.45103307	47.81215
22 58	10:58:00 PM	268	2.7910	79.3	0.4457668	48.84547
23 8	11:08:00 PM	278	2.7266	79.6	0.43562441	50.83556
23 18	11:18:00 PM	288	2.6667	79.6	0.42596873	52.73015
23 23	11:23:00 PM	293	2.6382	79.6	0.42131187	53.64389
23 28	11:28:00 PM	298	2.6107	79.8	0.41676333	54.53638
23 33	11:33:00 PM	303	2.5842	79.6	0.41231913	55.4084
23 38	11:38:00 PM	308	2.5584	79.6	0.4079755	56.26058
23 43	11:43:00 PM	313	2.5335	79.65	0.40372885	57.09394
23 48	11:48:00 PM	318	2.5094	79.82	0.39957577	57.90884
23 53	11:53:00 PM	323	2.4861	79.82	0.39551302	58.70601
23 58	11:58:00 PM	328	2.4634	79.82	0.39153752	59.48606
0 3	12:03:00 AM	333	2.4414	82.04	0.38764631	60.24957
0 8	12:08:00 AM	338	2.4201	82.04	0.38383268	60.99709
0 13	12:13:00 AM	343	2.3994	82.04	0.38010572	61.72915
0 18	12:18:00 AM	348	2.3793	82.04	0.37645109	62.44624
0 23	12:23:00 AM	353	2.3598	82.32	0.3728703	63.14885
0 28	12:28:00 AM	358	2.3408	82.53	0.36936099	63.83742
0 33	12:33:00 AM	363	2.3223	82.75	0.36592095	64.51241

CALCULO DE LA TEMPERATURA ESTÁTICA DE LA FORMACION

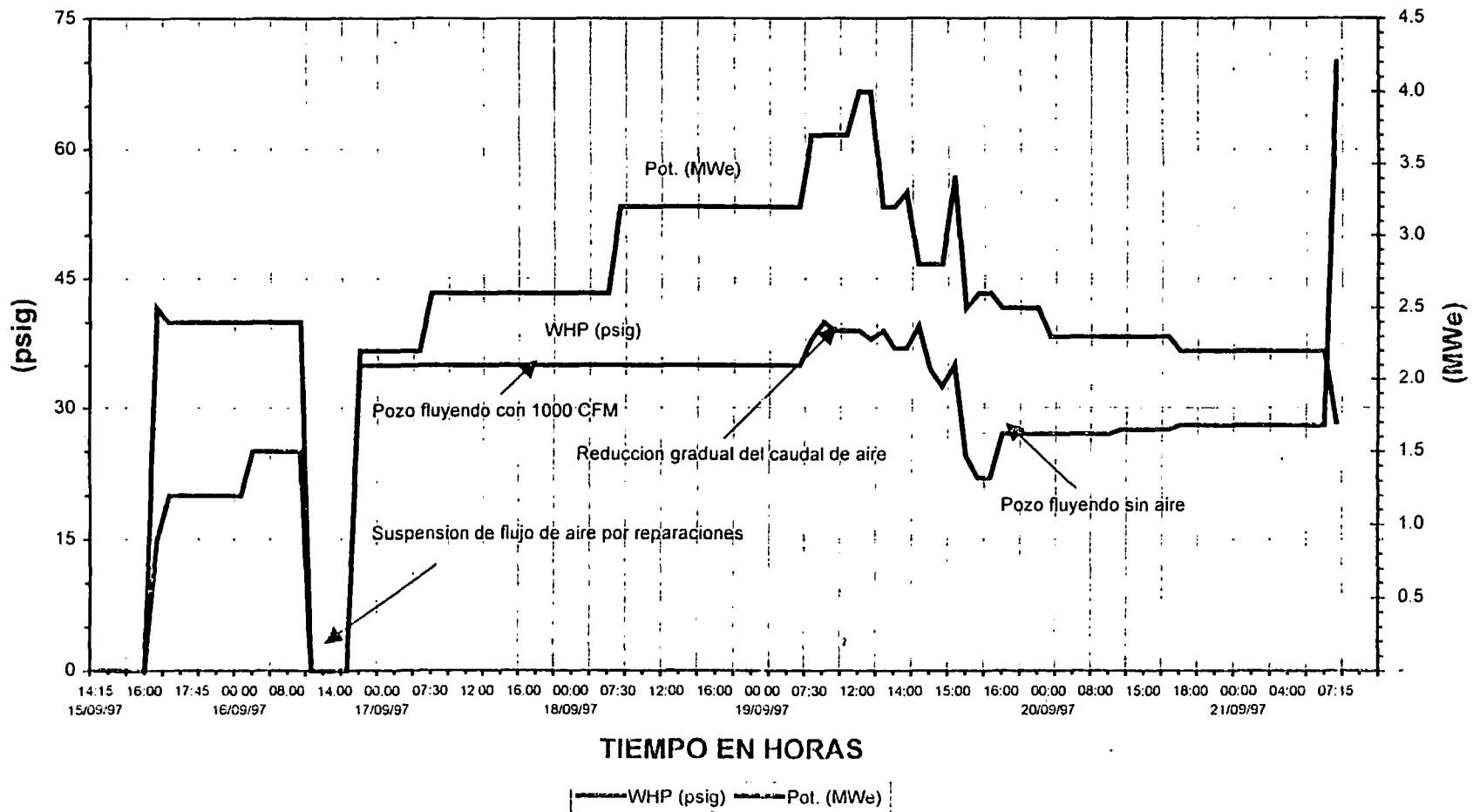
	Hora	Min	seg	HORA	METROS
PROFUNDIDAD 1	2	30	0	02:30:00 AM	770.0
PROFUNDIDAD 2	4	0	0	04:00:00 AM	774.0
PROFUNDIDAD INTERES:				02:30:00 AM	770.0
SUSPENSION DE CIRCULACION DE LODOS:	10	30	0	10:30:00 AM	
TIEMPO DE ENFRIAMIENTO tp, minutos:				480.0	
INICIO REGISTROS	15	15	0	03:15:00 PM	
TIEMPO DE RECUPERACION TERMICA (minutos):				285	
tpd =				3.20	
TBD(tpd) =				0.180	
PENDIENTE (m. Celcius/ciclo)				214	
TEMPERATURA EXTRAPOLADA (Celcius)				189	
TEMPERATURA ESTÁTICA (Celcius)				227	

REGISTROS FECHA: 03/10/97

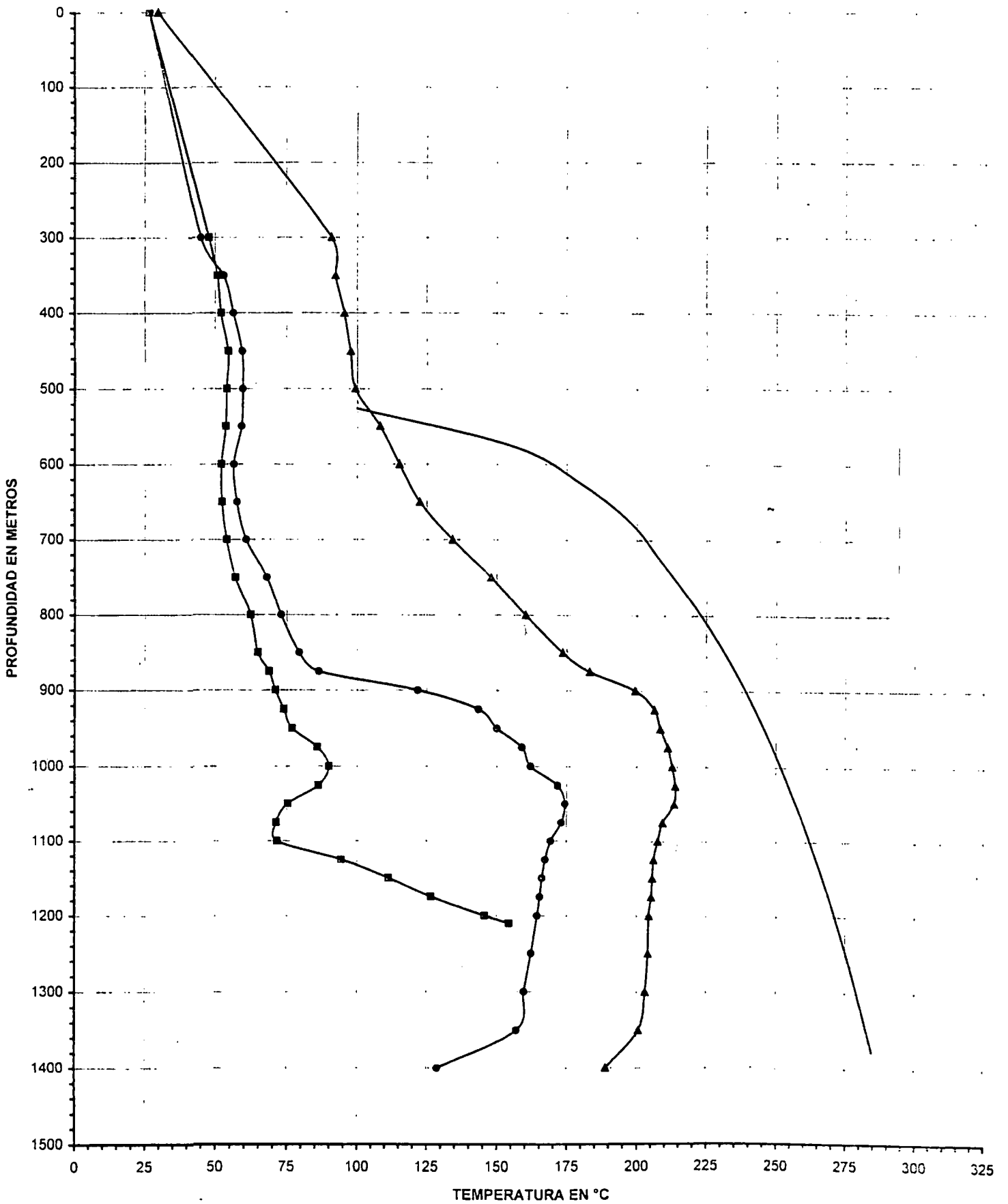
HORA

Horas	Min	seg	(dt)	(tp - dt)/dt	Temperatura	Log[(tp - dp)/dp]		
15	15	0	03:15:00 PM	285	2.6842	26.7	0.42881658	96.61434
15	20	0	03:20:00 PM	290	2.6552	85.7	0.42409273	97.62666
15	25	0	03:25:00 PM	295	2.6271	95.4	0.41947969	98.61563
15	30	0	03:30:00 PM	300	2.6000	99.5	0.41497335	99.58153
15	35	0	03:35:00 PM	305	2.5738	102.8	0.41055982	100.5254
15	40	0	03:40:00 PM	310	2.5484	104.4	0.4062654	101.448
15	45	0	03:45:00 PM	315	2.5238	105.3	0.40205657	102.3501
15	50	0	03:50:00 PM	320	2.5000	105.9	0.39794001	103.2325
15	55	0	03:55:00 PM	325	2.4769	106.4	0.39391252	104.0958
16	0	0	04:00:00 PM	330	2.4545	107.1	0.38997108	104.9406
16	5	0	04:05:00 PM	335	2.4328	107.6	0.3861128	105.7575
16	10	0	04:10:00 PM	340	2.4118	108.6	0.38233494	106.5773
16	15	0	04:15:00 PM	345	2.3913	109.6	0.37863485	107.3704
16	20	0	04:20:00 PM	350	2.3714	109.7	0.37501005	108.1473
16	25	0	04:25:00 PM	355	2.3521	110.0	0.37145612	108.9087
16	35	0	04:35:00 PM	365	2.3151	110.5	0.36455384	110.3864
16	40	0	04:40:00 PM	370	2.2973	110.9	0.3612172	111.1037
16	45	0	04:45:00 PM	375	2.2800	111.3	0.35793485	111.8073
16	50	0	04:50:00 PM	380	2.2632	111.9	0.35471485	112.4975
16	55	0	04:55:00 PM	385	2.2468	112.4	0.35155538	113.1747
17	0	0	05:00:00 PM	390	2.2308	112.9	0.34845465	113.8393
17	5	0	05:05:00 PM	395	2.2152	113.5	0.34541096	114.4917
17	10	0	05:10:00 PM	400	2.2000	114.2	0.34242268	115.1322
17	15	0	05:15:00 PM	405	2.1852	115.6	0.33948825	115.7612
17	20	0	05:20:00 PM	410	2.1707	116.1	0.33660615	116.3789
17	25	0	05:25:00 PM	415	2.1566	116.6	0.33377494	116.9855
17	30	0	05:30:00 PM	420	2.1429	116.8	0.33099222	117.582
17	35	0	05:35:00 PM	425	2.1294	117.0	0.32825965	118.1679
17	40	0	05:40:00 PM	430	2.1163	117.6	0.32557294	118.7425
17	45	0	05:45:00 PM	435	2.1034	118.2	0.32293184	119.3099

APERTURA DEL POZO AH-34 A SEPTIEMBRE 15 - 21/1997

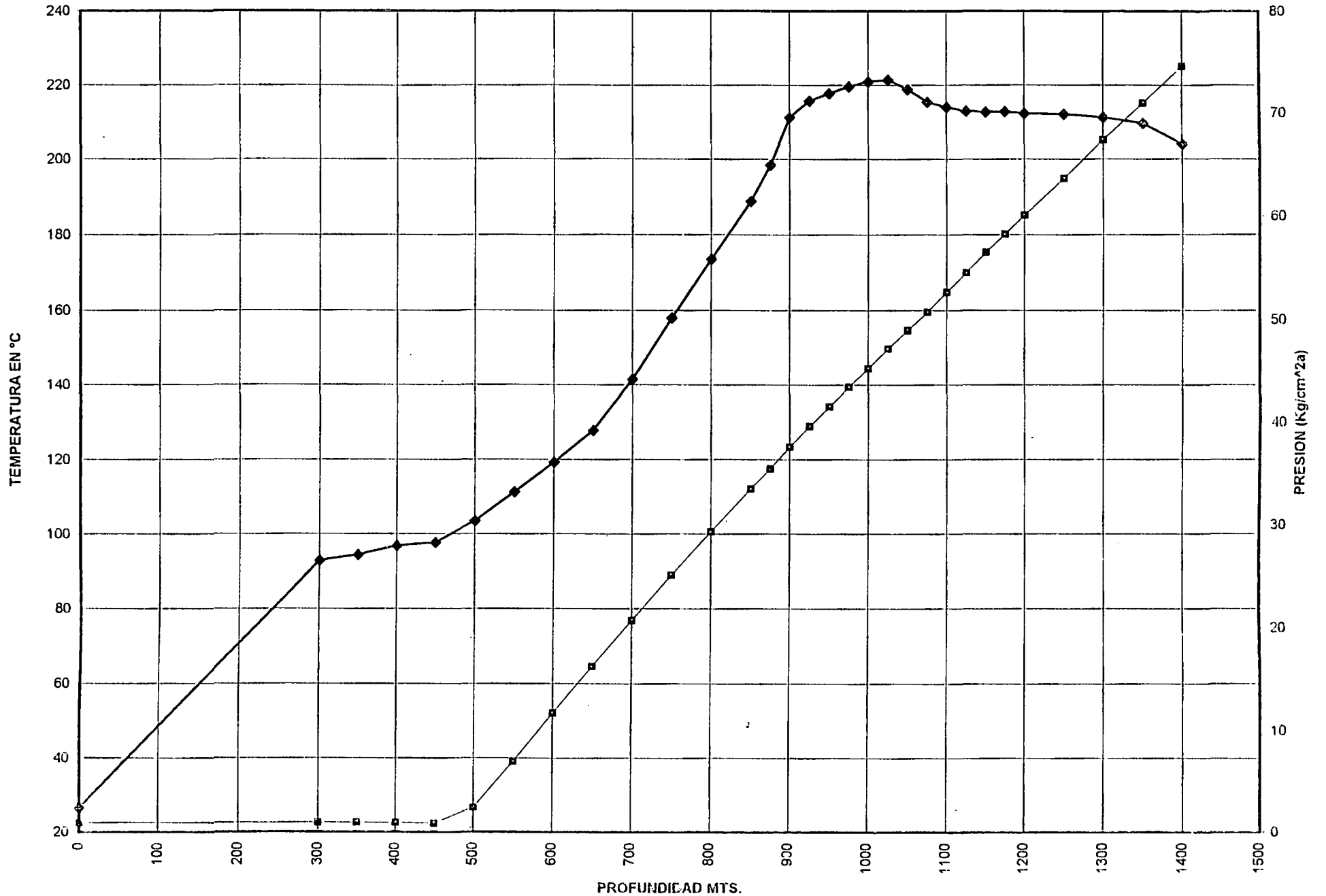


REGISTRO DE TEMPERATURA POZO AH-34 A



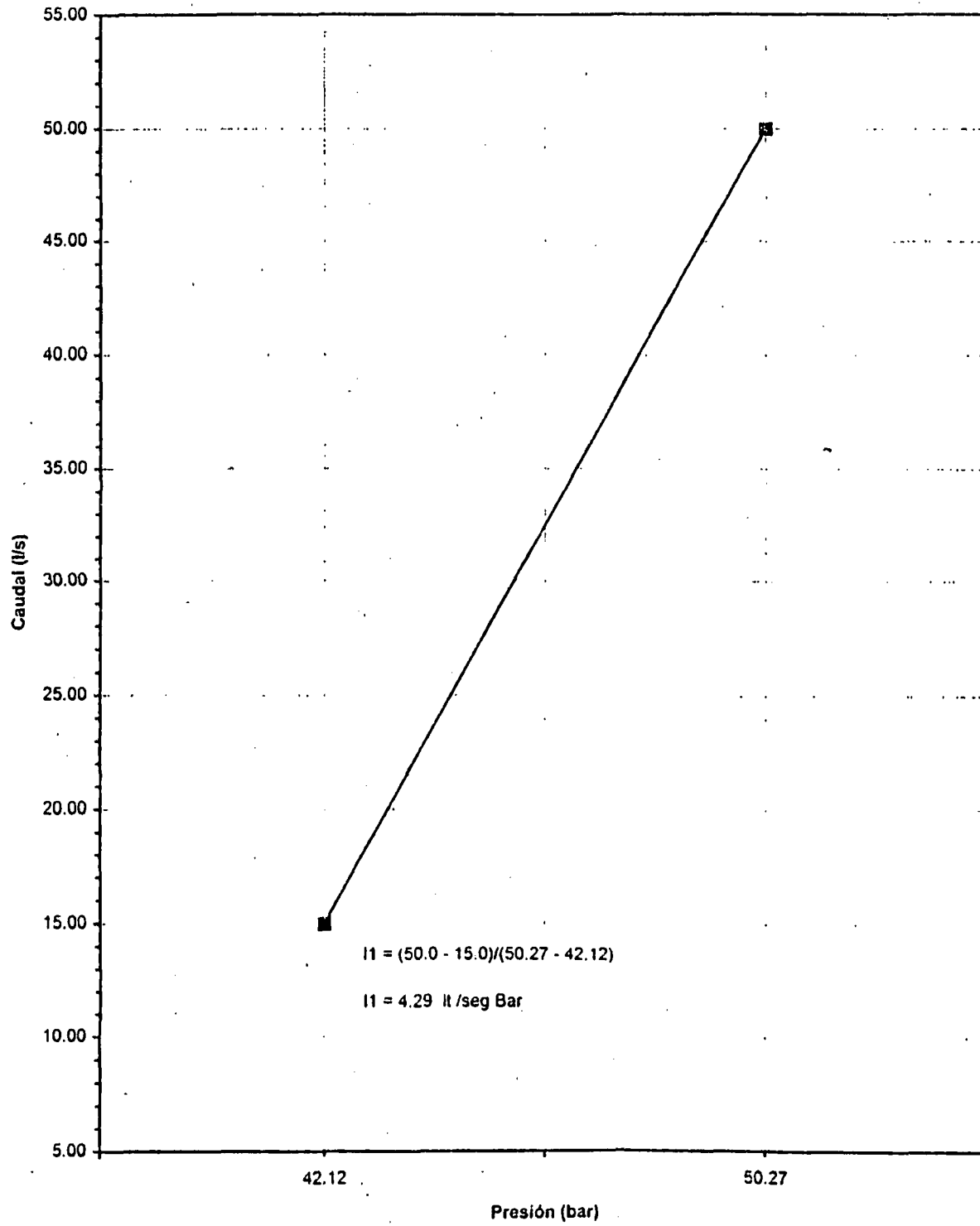
AGOSTO 22/97
 SEPTIEMBRE 14/97
 SEPTIEMBRE 25/97
 C.Saturacion

GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION DEL POZO AH-34 A OCTUBRE. 2/97

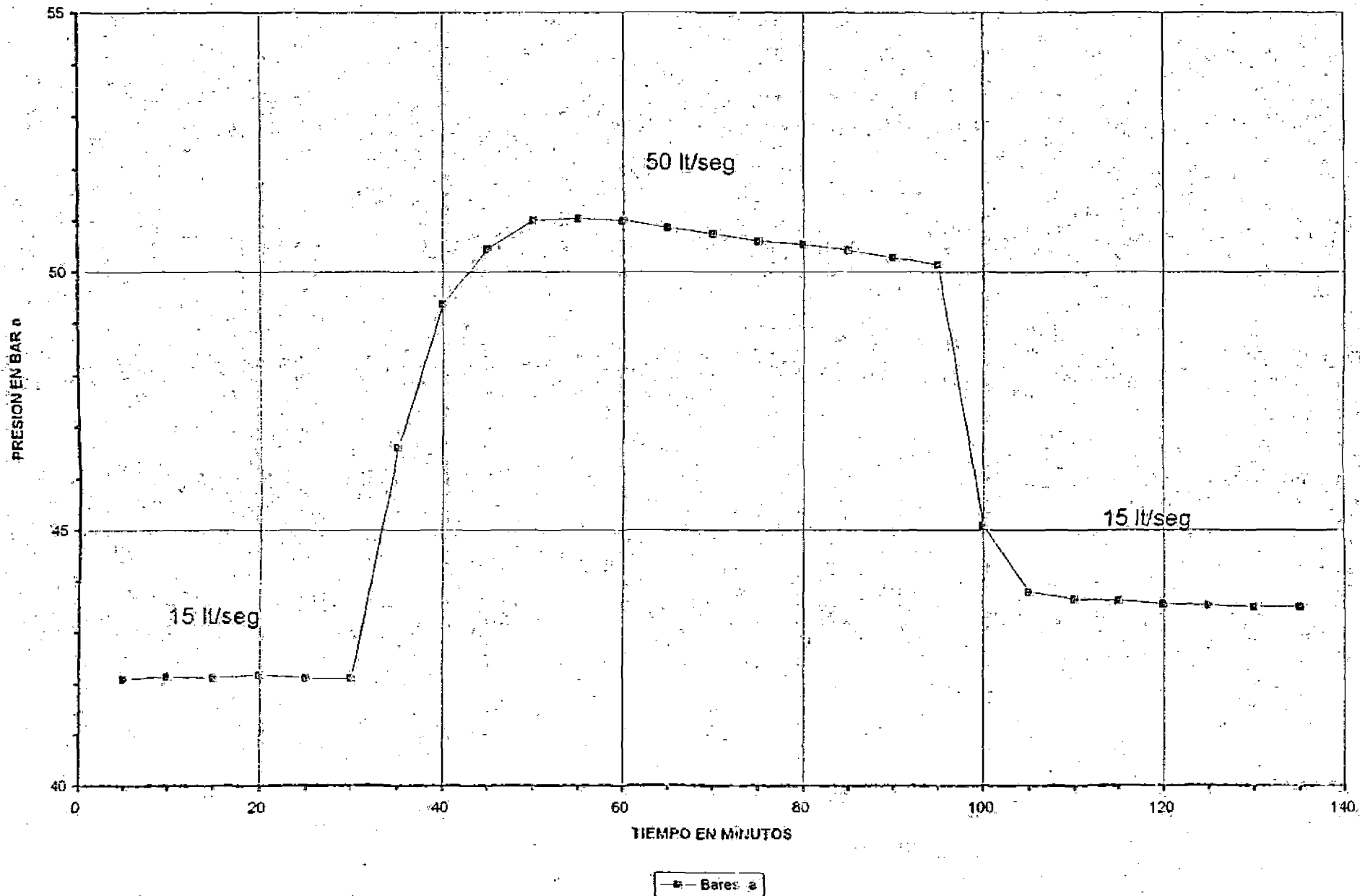


◆ TEM. °C □ Kg/cm²a

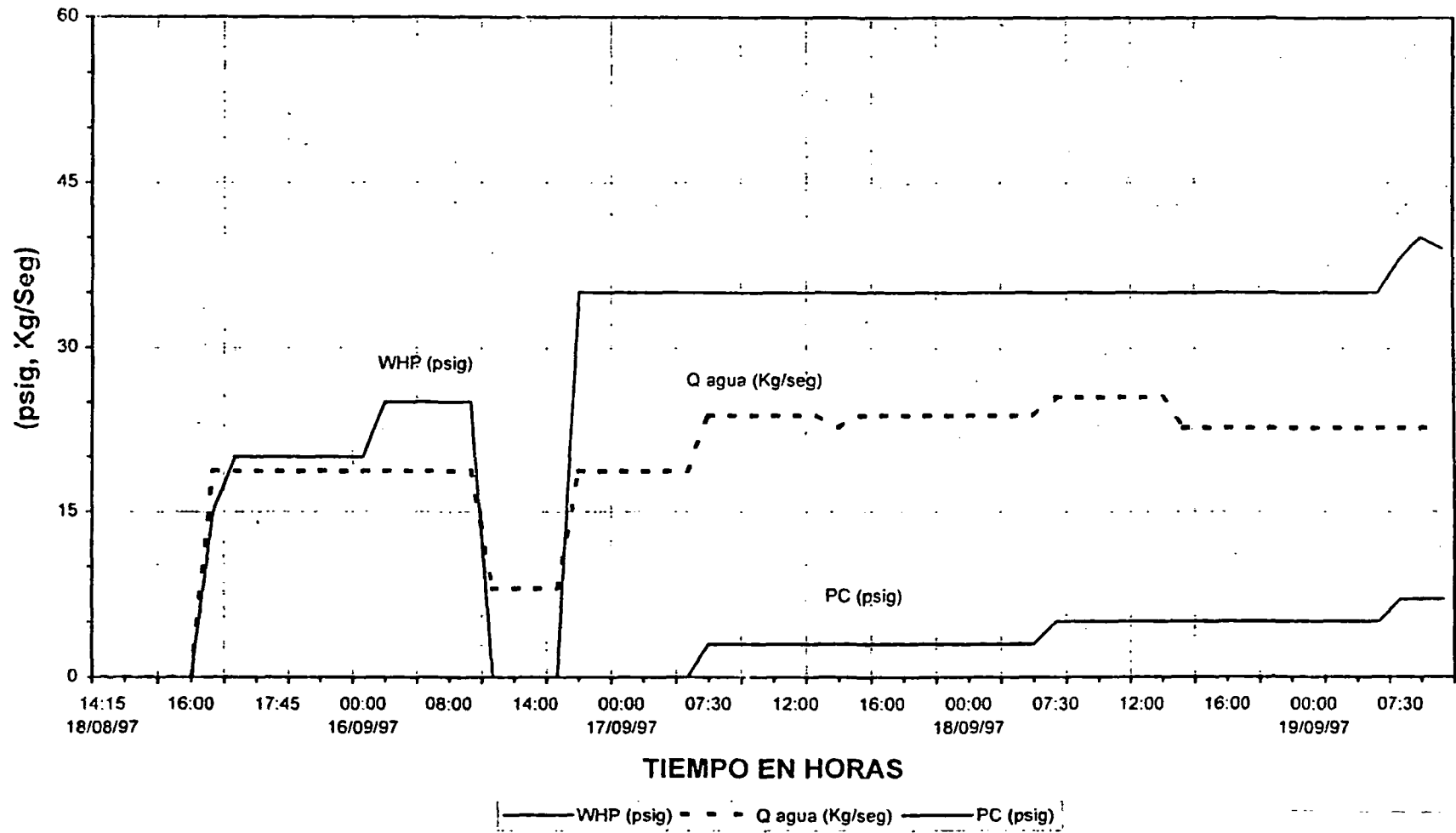
CURVA CAUDAL - PRESION (Indice de Inyectividad) Pozo AH-34 A Septiembre 13/1997



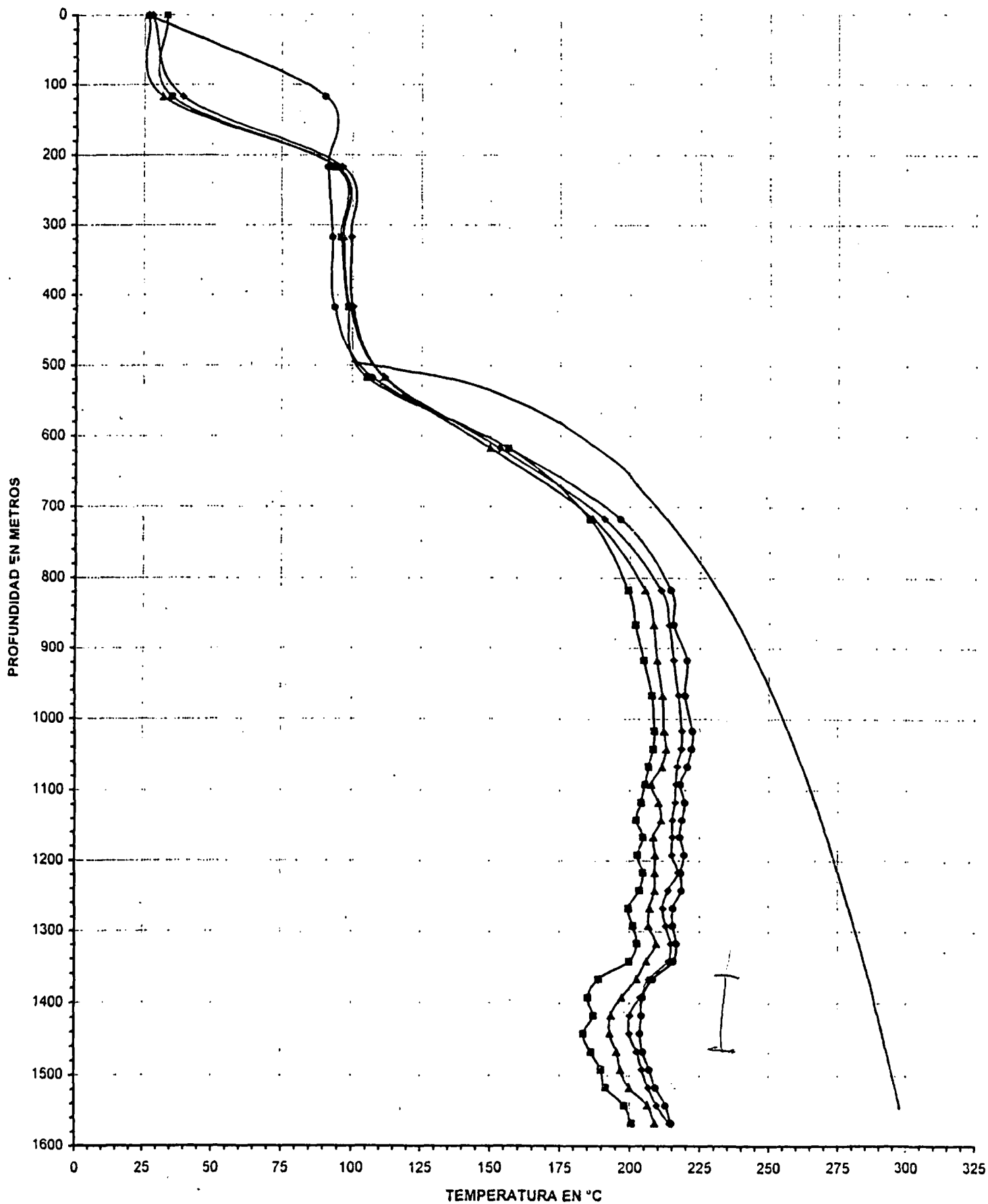
GRAFICA DE PRESION POZO AH-34 A. SEPT 13/97



APERTURA DEL POZO AH-33 A AGOSTO 18/1997

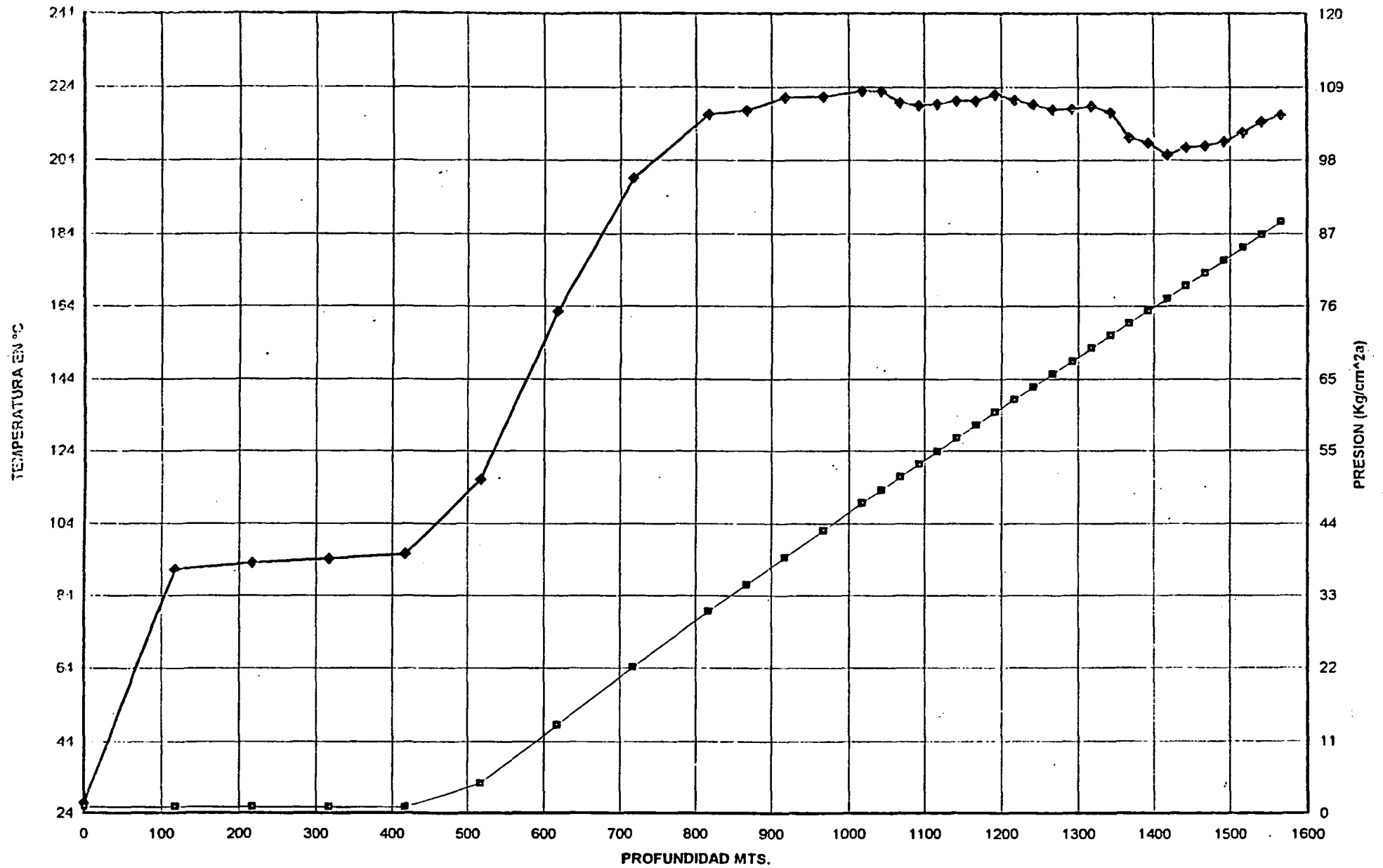


REGISTRO DE TEMPERATURA POZO AH-33 A



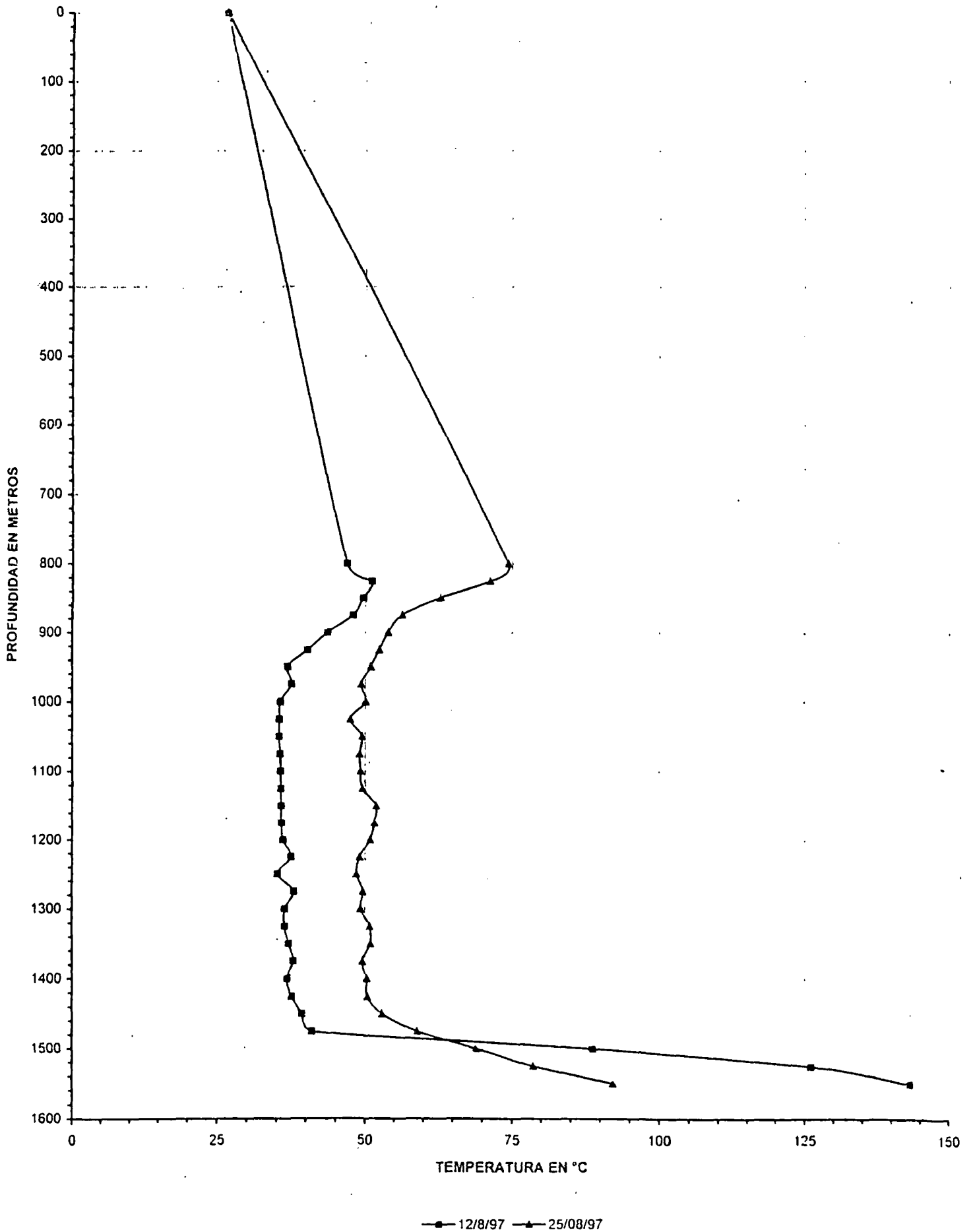
■ SEPT. 5/97 ▲ SEPT. 11/97 ● SEPT. 18/97 ◆ SEPT. 26/97 — C. Saturación

GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION JEL POZO AH-33 A OCTUBRE 01/97

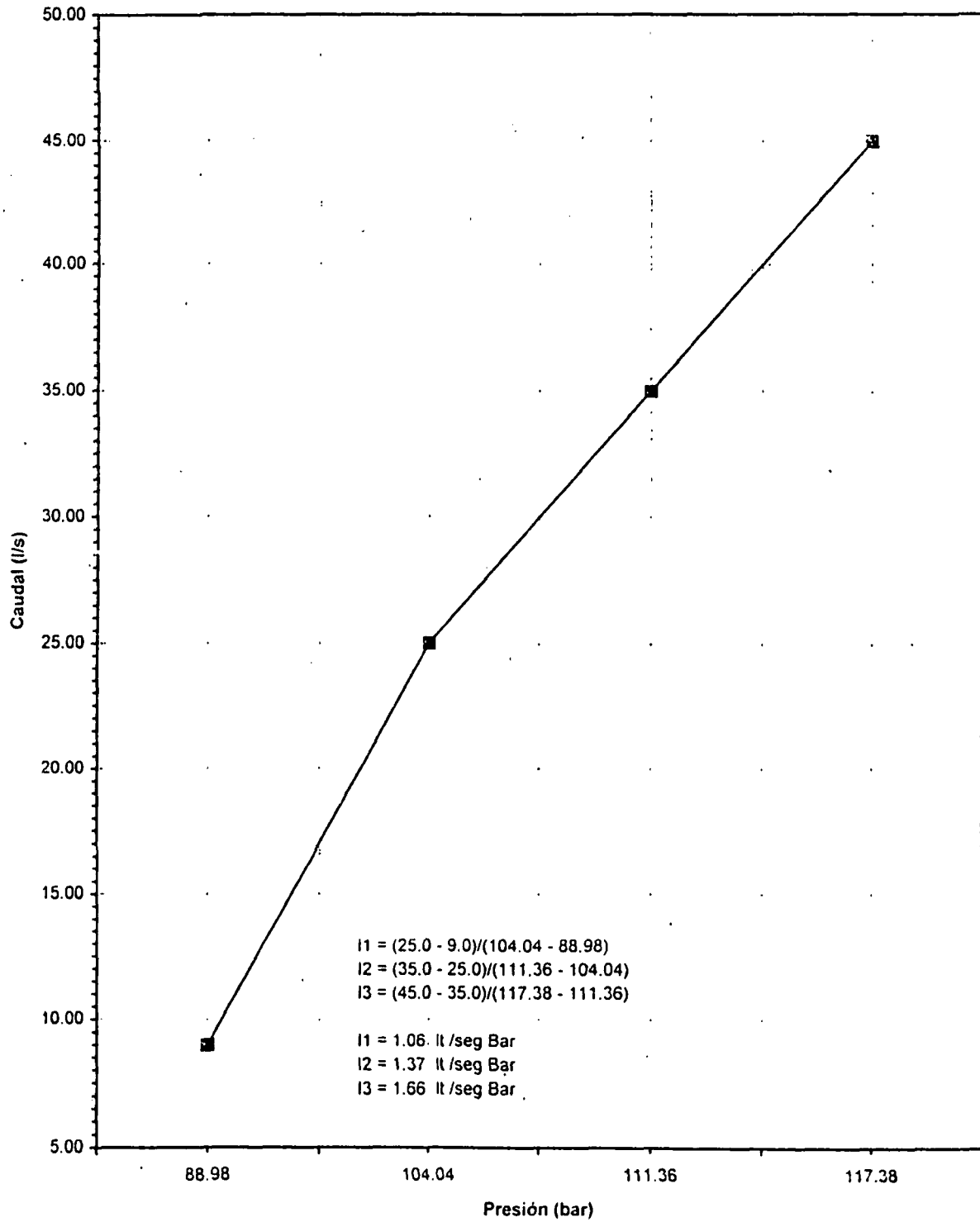


—◆— TEM. °C —■— Kg/cm²a

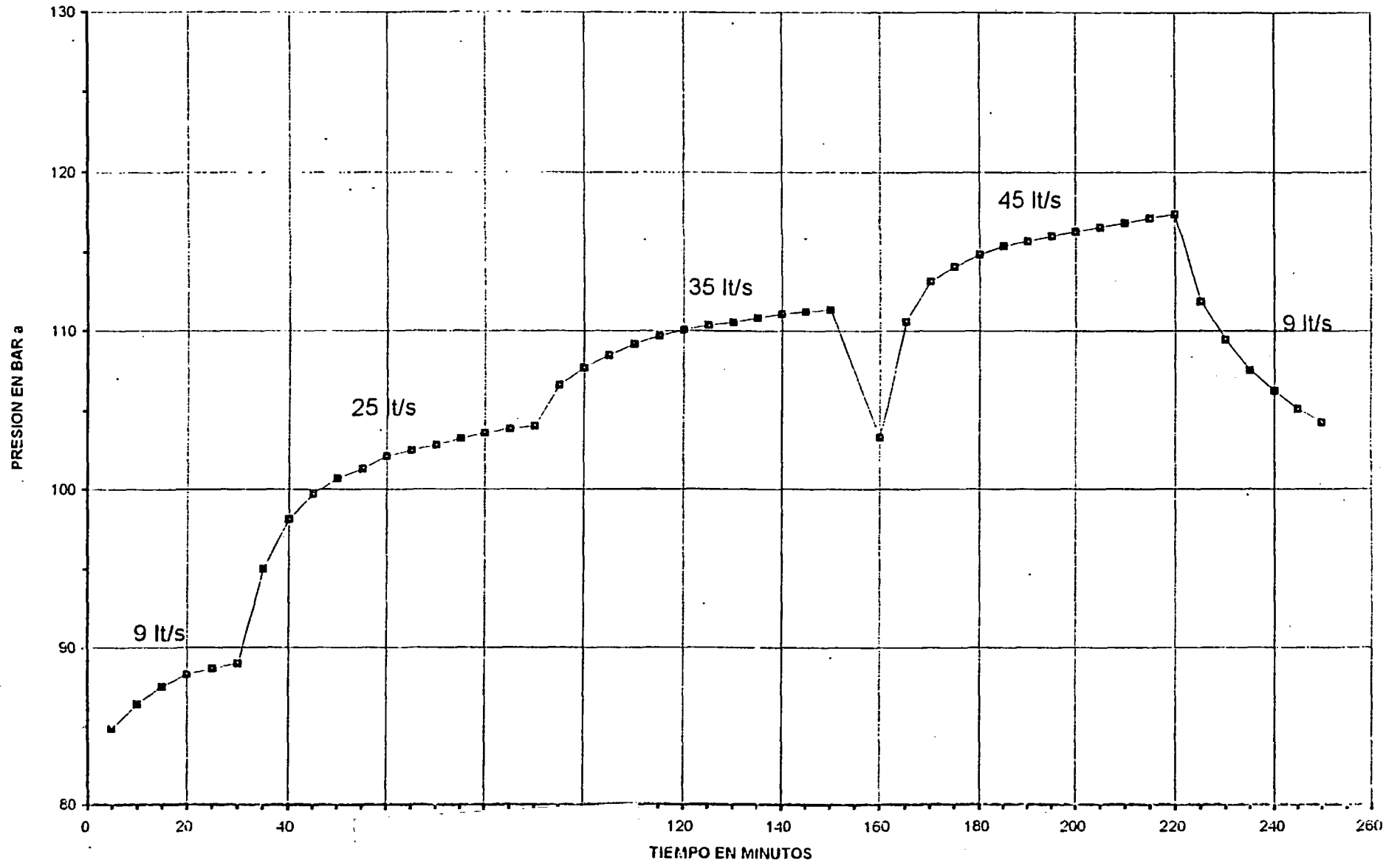
REGISTRO DINAMICO DE TEMPERATURA POZO AH-33 A



CURVA CAUDAL - PRESION (Indice de Inyectividad) Pozo AH-33 A Agosto 25/1997

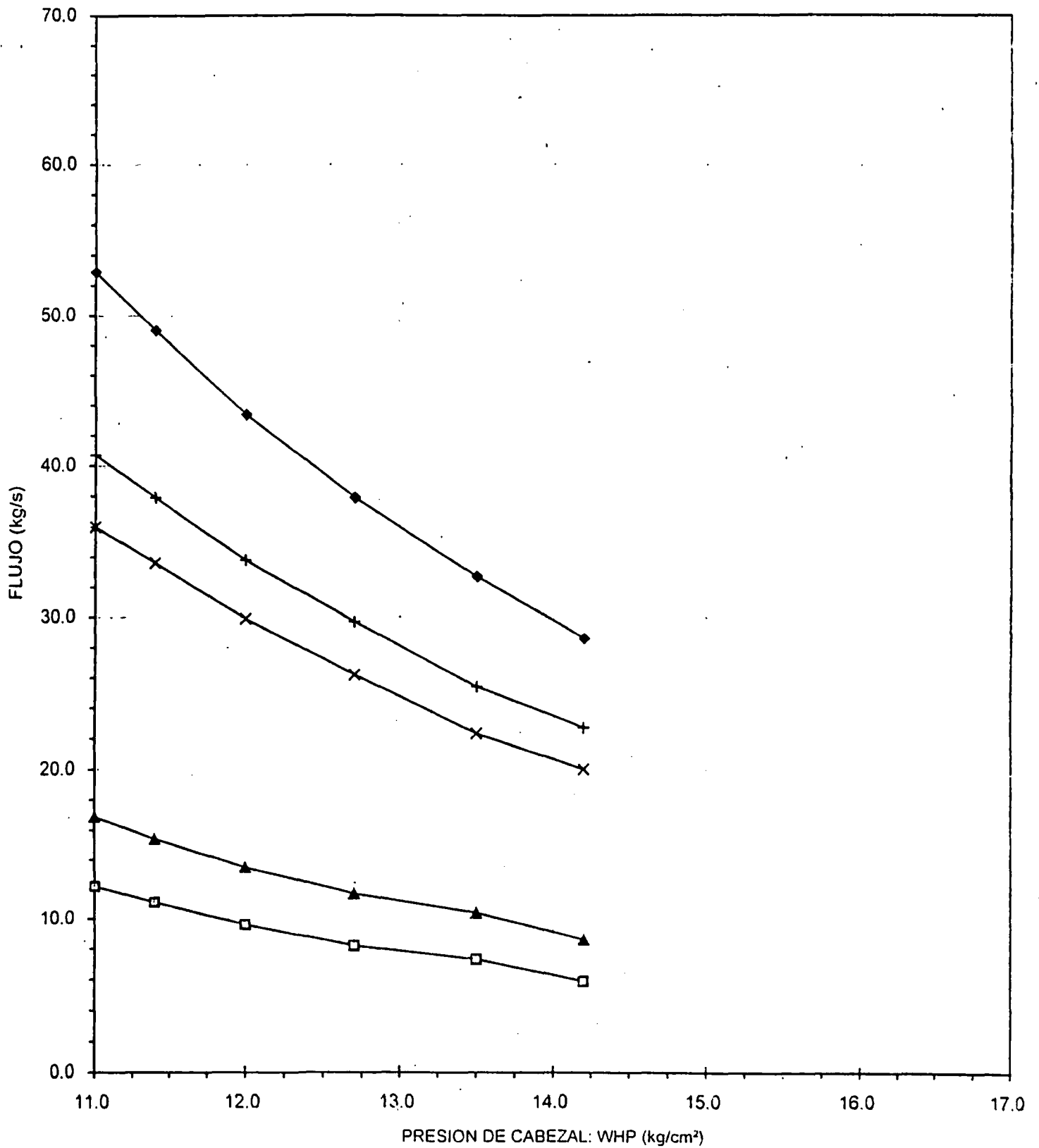


GRAFICA DE PRESION POZO AH-33 A AGOSTO 25/97



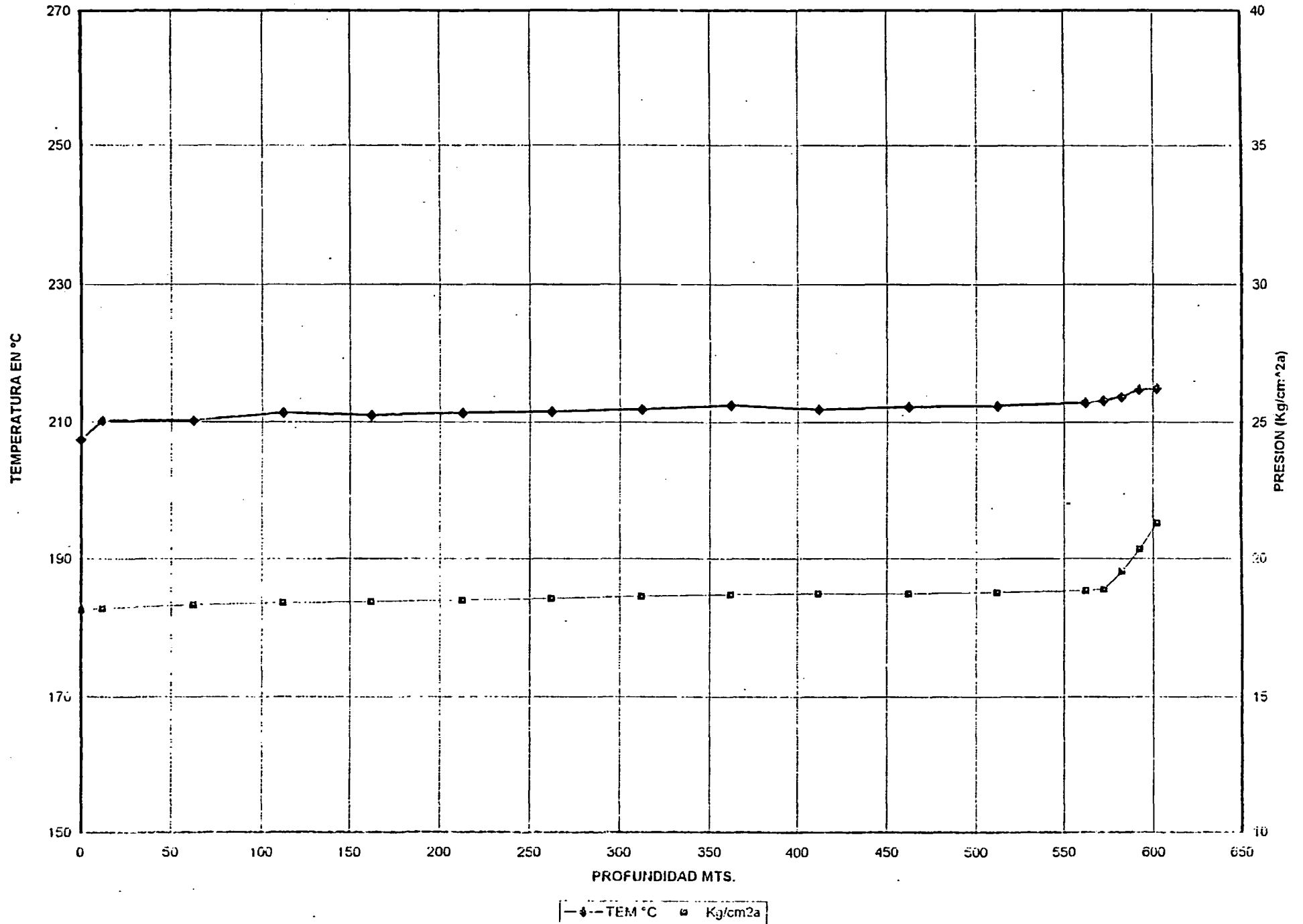
--■-- Bares a

CURVA DE PRODUCCION - POZO Ah-bis
30 DE MAYO 1997



—□— LIQ. A PRES. AT. —+— VAP. A PRES. AT. —◆— FLUJO TOTAL
—▲— LIQ. A PRES. CAB. —×— VAP. A PRES. CAB.

GRAFICA DE TEMPERATURA Y PRESION DEL POZO AH-4 BIS OCTUBRE 05/97



PRELIMINARY RESULTS FOR NEW WELLS AT AHUACHAPAN GEOTHERMAL FIELD

Dear Alfred:


Some chemical results (both water and gases) are described graphically and also some observations are included for the new wells AH-34 (vertical), AH-34A (directional), AH-33A (directional) and AH-4 bis.

Currently we have some results from such wells:

- **AH-34** have water chemistry results from weirbox and webre collected in two discharges (June 27 to July 2 and Sept. 28 to 30/97), and also two chemical profiles (the first one 16 days after the first discharge and the second one 5 days after the second discharge). We also have gas results but only for the first discharge (not for the rest, due to problems with the chromatograph). Yesterday I receive more results from the last discharge (October 1 to 4/97) but we only got "in situ" chloride.
- **AH-34A** we have water samples for the first discharge (September 15 to 21/97) but at present only "in situ" and few analysis (pH, Cl and EC) have been reported. Also we had some problems with the AA equipment. No gas samples have been collected due to the high presence of air injected during drilling.
- **AH-33A** we have water samples only for the first discharge (August 18 to 23/97). We have gas samples that have not been analyzed yet due to chromatograph problems.
- **AH-4 bis** we have water chemistry results from weirbox collected at the second discharge (May 30/97). There are gas samples collected from the wellhead, cyclonic separator (11 august/97) but no results have been reported yet for the same reason. There are also other water samples waiting for analysis.

I send you also a diskette with the data (in excel format).

Best regards



Francisco Montalvo

7th october 1997

BRIEF COMMENTS ABOUT WELL CHEMISTRY AND GEOCHEMICAL CONCEPTUAL MODEL

WELL AH-34

The evolution of salinity and chloride shows that the fluid produced by the well is similar to the typical Ahuachapan fluid (production wells). It should be stressed that the well shows less diluted fluid according to the last data, very similar to the wells AH-31 and AH-21 (wells located at the S-Western part and the center of the wellfield).

From the initial thermal recovery curves and chemical profiles (and drilling data) we hypothesize the existence of an upper aquifer with approximately 200°C and 2000 ppm of chloride and a lower one with 225°C and 5000 ppm of chloride.

After the second discharge the lower aquifer shows an increase in temperature around 245°C but the upper one remains with the same temperature. The chloride profile was uniformized around 6000 ppm. The cationic geothermometers indicates also high temperature around 245-250°C (the discharging values are over 260°C) meanwhile the quartz geothermometer shows lower temperature ranging between 205-225°C (weirbox values are close to 245°C). Taking into account these results, we can explain that the silica is probably affected by the mix and the cationic remain with the characteristic of deep fluid very close to the measured values. Using the measured enthalpy of 1013-1050 kJ/kg the reservoir chloride was calculated is around 7500 ppm.

The comparison between the geothermometer and enthalpy measured values indicate a probable inflow of relative cold water, but the salinity, is not drastically affected (less diluted fluid compared with other wells like AH-1 and AH-6), but this may not be the main reason why the well can't reach a good discharge potential. Another reason could be the permeability, but the total mass discharged is around 30 kg/s which is similar to the well AH-23 and higher than the wells AH-6, AH-17, AH-22 and AH-26. Also, the steam quality is around 28% and the enthalpy has changed from 1013 to 1220 kJ/kg (last data was taken 6 october/97). This enthalpy and the comparison with the wells defined as high enthalpy wells or excess enthalpy wells, can give the same definition for the well AH-34. But what is the mechanism that causes such condition into the well, despite off the higher temperature, higher enthalpy and relative higher salinity? The main reason for the lower potential I suppose, is the depth of the main aquifer, the lower temperature and enthalpy (relative to the depth), and as a consequence the lower well head pressure developes (3.7 bar g for the last data). This is the only difference comparing the wells with the same production characteristics : for example the well AH-23 has almost the same total flow, the same enthalpy (around 1250 kJ/kg), the same steam quality, the same power potential, but higher well head pressure (4.9 bar g) and a shallow main feed zone (around 500 m). The wells with the deepest feed zone, for example wells AH-19 and AH-31 (approx. 1100 m), present higher wellhead pressures and higher mass flow rates.

We hope that the well will increase in pressure so we will have another good production well (high enthalpy well), but the well needs to increase in temperature, especially in the upper aquifer.

Note: for the silica geothermometer we have used Arnorsson 1985 (a little bit higher results) and TQA (Truesdell adapted from Fournier, 1981). The enthalpy value used for reservoir calculations are 1013 and 1050 kJ/kg. The new chemical results will be calculated using the new enthalpy value or in the case of excess enthalpy, the NaKCa value.

The gas contents seems to be unstable, due to a possible accumulation of gases in the upper part of the well, despite the content of CO₂ similar to other wells. N₂ and H₂ are not representative (too higher values). The D'Amore-Panichi geothermometer indicate temperature close to 260°C.

WELL AH-34A.

The data from the first discharge seems to be not representative yet, but the values are similar to the earlier data for well AH-34.

WELL AH-33A.

The same is probably true with this well. We need more data in order to define the chemical characteristics. The reservoir chloride is lower than 5000 ppm using an enthalpy value of 1000 kJ/kg (assumed). The cationic geothermometers indicate temperature close to 230°C and quartz close to 205°C.

WELL AH-4 BIS

The well shows an excess enthalpy (1600 kJ/kg) and it's the best producer well in the history of geothermal production in El Salvador (17 MWe). I'm worried about the chemical characteristics due to the short period of evaluation (only 3 discharges with no more than 1 day of continuity). I remember the case of well AH-32 (which started production without chemical stabilization); however, the weirbox silica for well AH-4 bis seems to be almost stable around 520 ppm and 230°C (the measured temperature is 214°C) but the end of the last data tends to be lower. The cationic geothermometers show temperature ranging 225-236°C, while the reservoir chloride is the lowest for the production well at Ahuachapan close to 5200 ppm.

I believe that the new data collected in production will be more concentrated or representative of Ahuachapan producer fluids, but always showing a dilution trend (as the early data for well AH-4).

PARAMETER DISTRIBUTIONS AND CONCEPTUAL MODEL

The contour or parameter distribution for the wellfield have been made using the most recent data for the present production wells and the new information described before. The transparencies included, show the main faults for the wellfield. The green lines are from the most recent field work, the red dotted lines are some faults from the LBL study and the blue ones are from the geochemical studies (Montalvo) adapted from Barrios.

The role of this fault system is fundamental for the mixing process and movement of deep and shallow fluids, but the problem is how to explain the flow geochemical model using the structural geology, especially when there are 3 or 5 diferents maps. I beleive that the main hot source is located beneath the Laguna Verde, and from thermodynamic data again we can see the upflow close to the well AH-18 and also to the well AH-34, but is not probably true think that at the south part of the field we will have a production. We need to identify good permeability paths when the fluid reaches good thermodynamic and chemical conditions. With this new information we can see that the flow model presented before in geochemical studies is still valid. From the natural state model (Truesdell) we know that the wellfield was affected by cold water recharge mainly at the North. From the production state model we can see that the movement of fluids have been changed mainly in the Eastern part (more affected by dilution). With the chemical information of well AH-34, the movement of the high temperature fluid (240-260°C) seems to be originated close to this well (South part) and moving to the centre of the wellfield from the S-West very close to the middle green fault (this is also from LBL). The reservoir chloride shows the same (the big map have the last data for well AH-34 showing the contour of 8000 ppm more close to this compared with the little one).

The thermodynamic data shows almost regional upflow from the well AH-18 to the well AH-34. The temperature is higher than 240°C and the enthalpy for the South can be considered around 1000-1200 kJ/kg.

It is important try to find a correlation between the chemistry contours and thermodynamic ones. Meanwhile the chemistry indicates the main upflow located at the S-West and near to the well AH-34 (the S-East is masqued by dilution in the case of chloride probably due to the lack of data for well AH-18 and not representative data for well AH-33A). The ratio Cl/B agrees with the silica temperature showing two zones affected by mixing and/or boiling. The reservoir chloride near well AH-6 seems to be affected by boiling. The NaKCa temperature is more uniform showing maximum contours ranging between 250-260 °C, in agreement with the gas temperature.

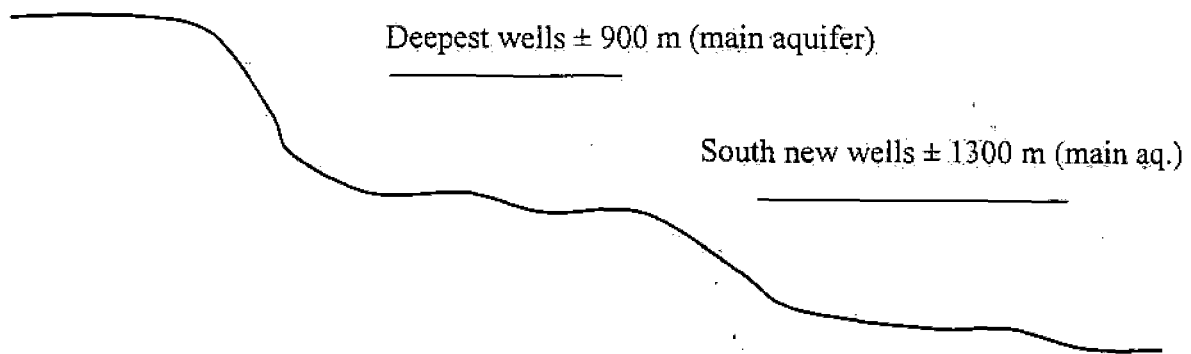
The thermodynamics shows the main temperature contours (upflow) wide spread at the South. It is noticed that the data used are only for the present production wells and new wells, and are the maximum temperature and maximum pressure, as a generalyzed chemical values (discharge and reservoir calculations, in other words, they are not refered at one

particular depth), and also the pressure contour (7/97) needs to be actualized to the 9/97. I will include more information to clarify this correlation.

Take into account the wellfield history, in despite of the dilution process affected all the production wells, we can observe that: 1) the maximum temperature contours seem to be unchanged at the South part, maybe due by low permeability horizons 2) the cationic geothermometers show again higher temperature compared with the geotemperatures attained at the middle of the production time history and similar to the original ones 3) the gas content suggest higher temperature source. This should confirm that at the present a movement of deep fluid occurs in the field.

A preliminary cross-section assuming the projection of well AH-34 located in the same line gives the idea that the temperature contours and possibly other hydrogeological information near the well are located deeper than the other wells.

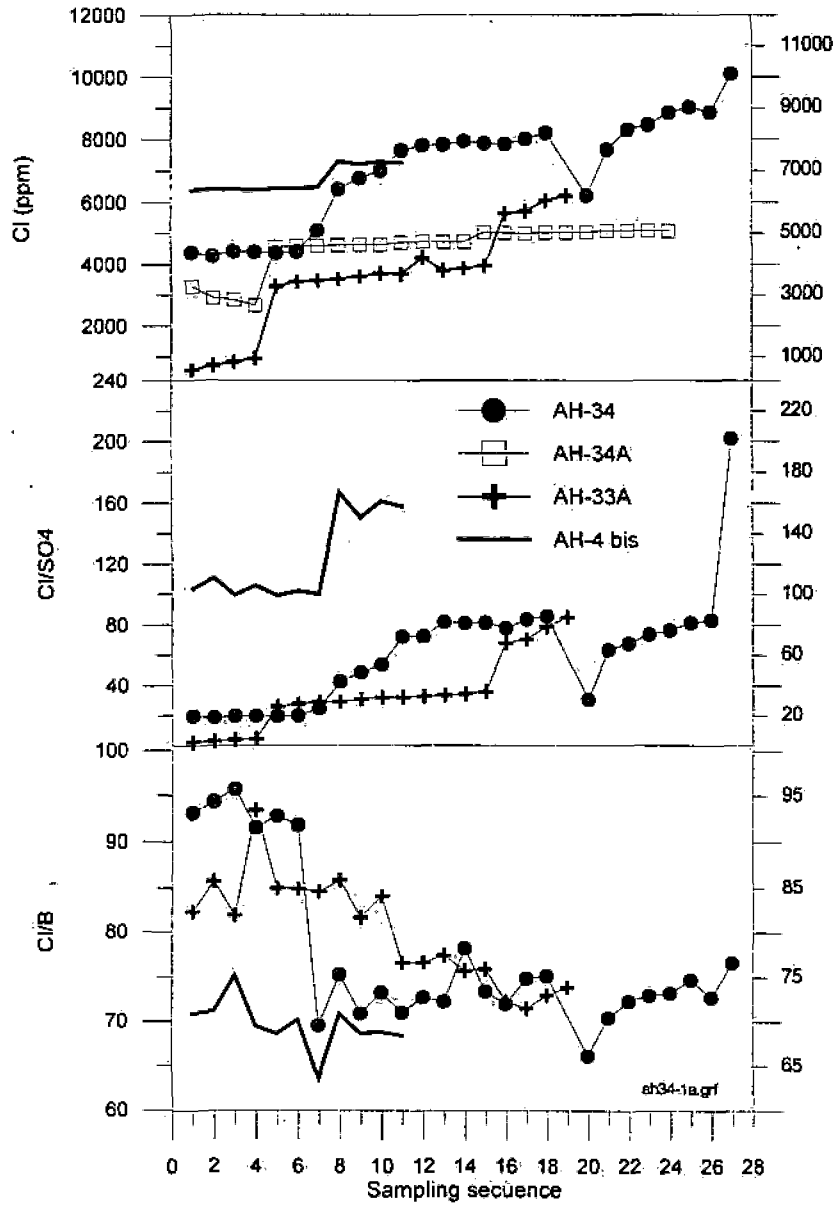
Shallow wells \pm 500 m (main aquifer)



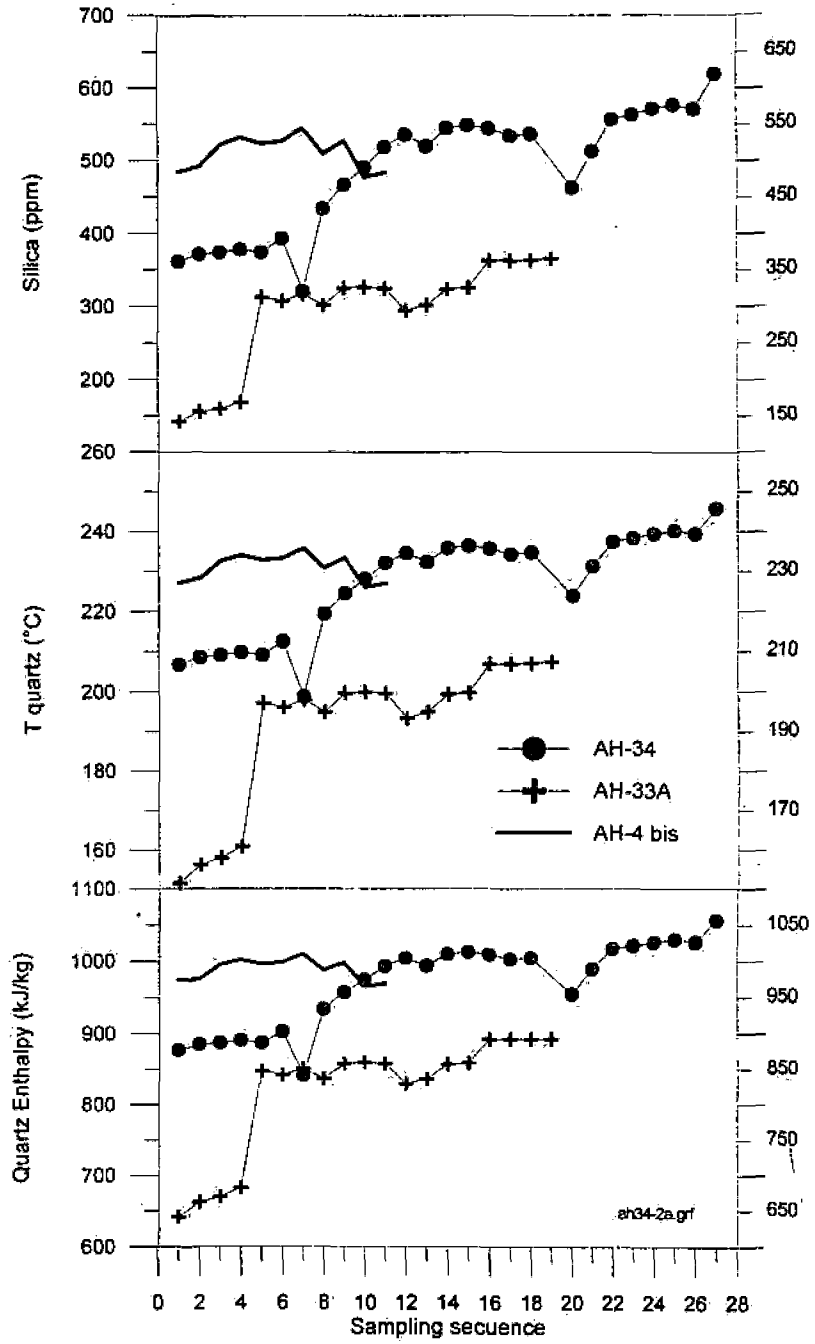
The temperature distribution at 200 masl shows a trend from the South with higher temperature decreasing to the center of the wellfield. Taking into account the temperature of well AH-34 at that elevation (\pm 200 °C) will have a cooling effect near the well.

The gas contours for well AH-34 shows that the CO₂ content is not much higher than the production wells and not much lower than the fumaroles (located near to the wellfield). The H₂ content shows that near well AH-34 we will find the highest temperature (just like the measured ones), but we will have to wait if the gas content of the well will change or not, in order to clarify the formation mechanism of gases.

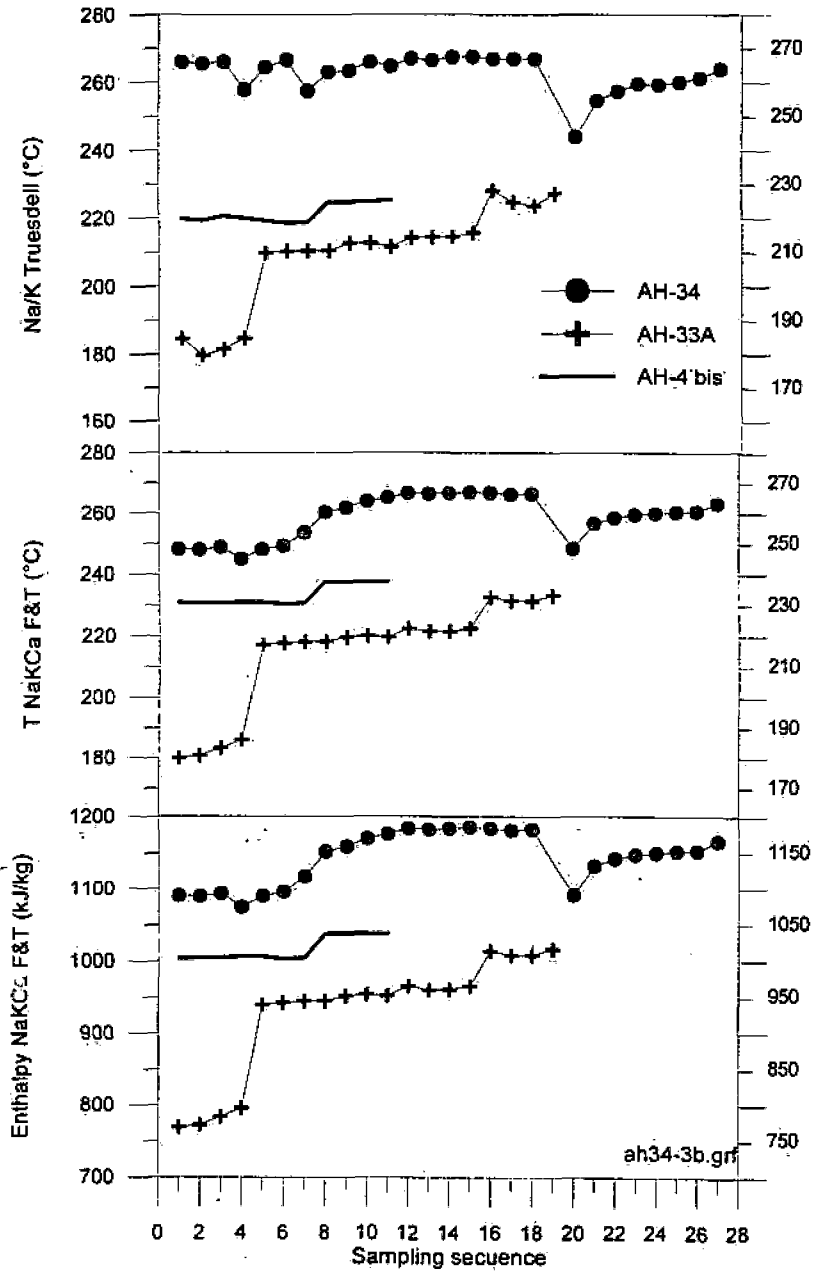
Weirbox samples at discharge



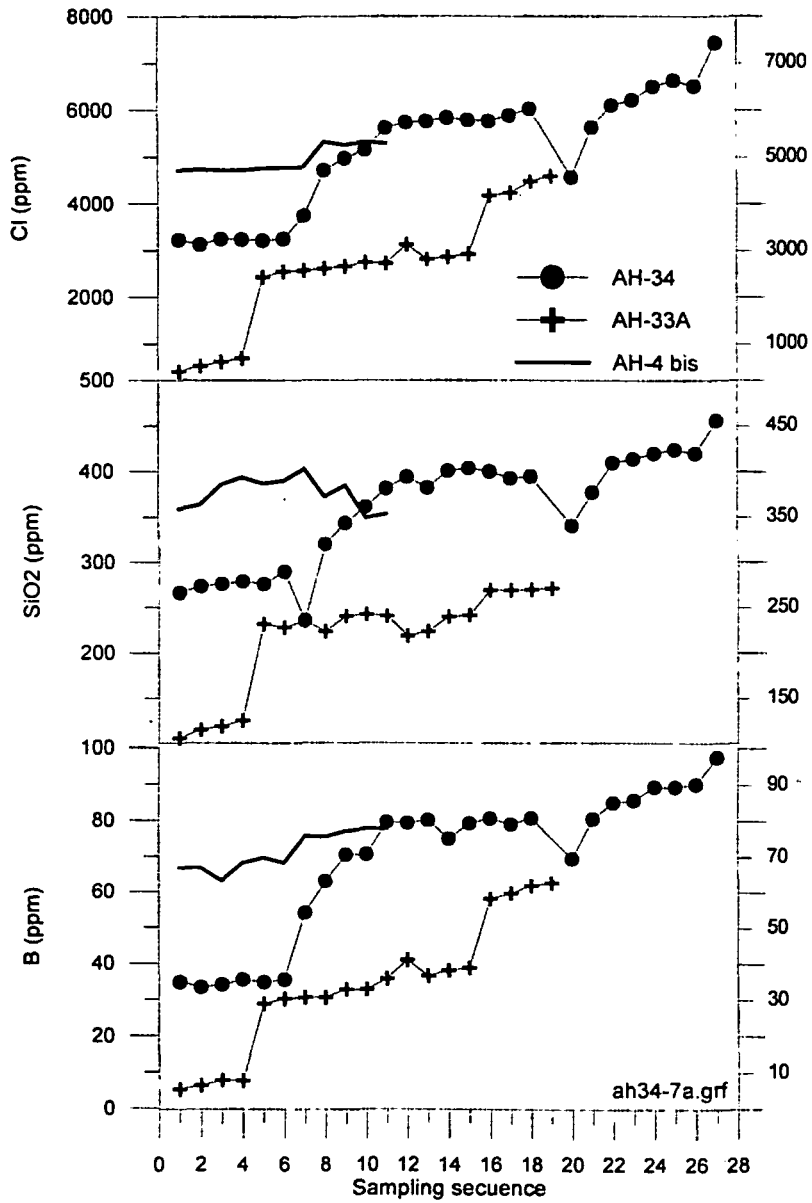
Weirbox samples at discharge



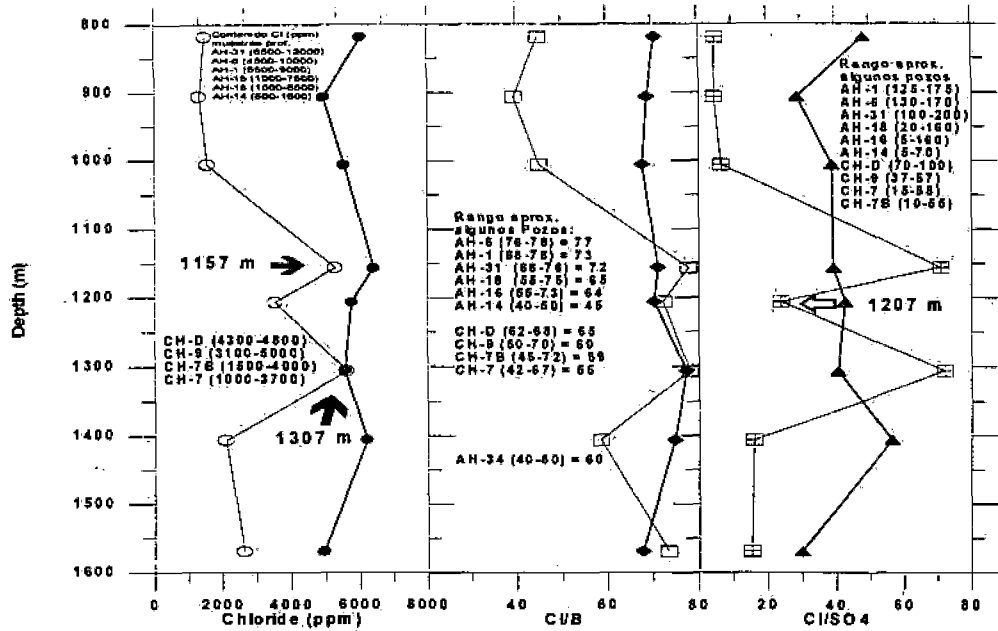
Weirbox samples at discharge



Weirbox samples to reservoir conditions



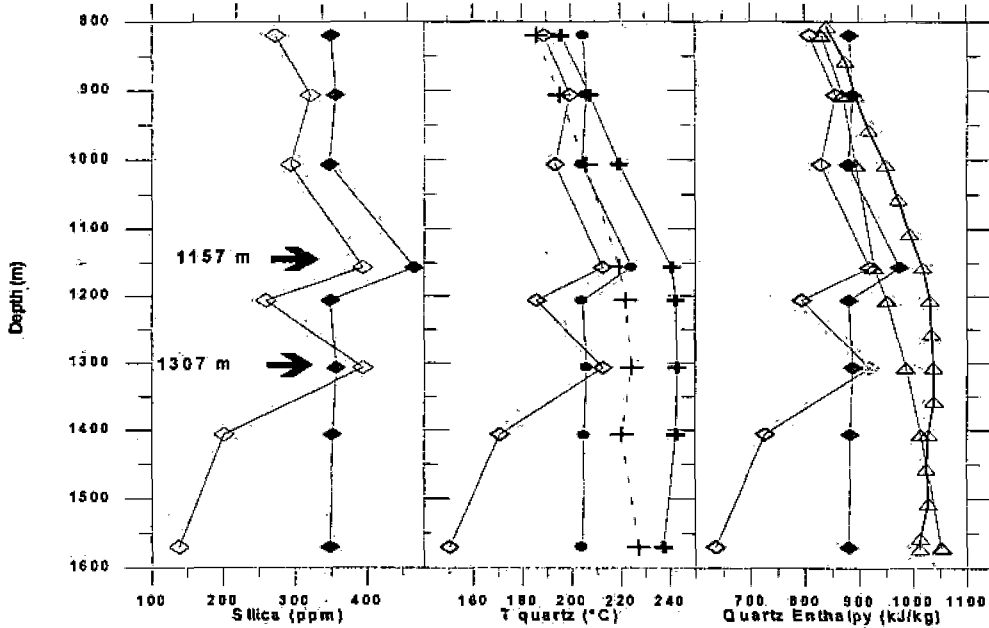
**Downhole samples WELL AH-34
17 July/97 - 3 Sept./97 (after 2a. discharge)**



Filled symbols are values for the second profile after 2a. Discharge.
 NOTE: Ranges estimated for the Ahuachapán wells from downhole samples

ah34prof.grf

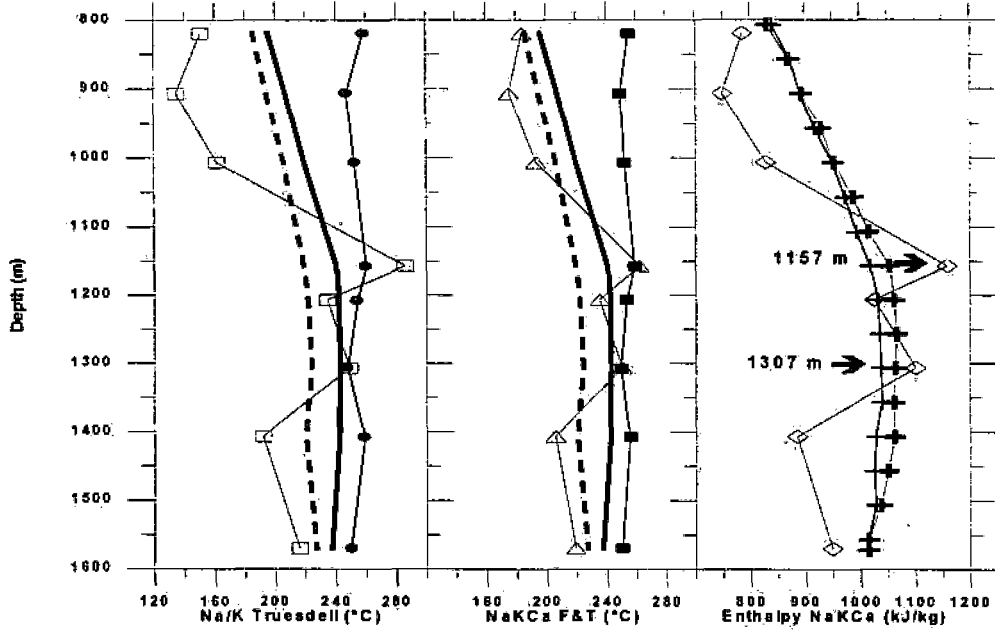
**Downhole samples WELL AH-34
17th July/97 - 3 Sept./97 (after 2a. discharge)**



Measured Temperatures (18 July - 12 Sept./97) Indicated by crosses.
 Triangles shows Enthalpy values (measured Temp.)
 Filled symbols are values for the second profile (after second discharge)

ah34proa.grf

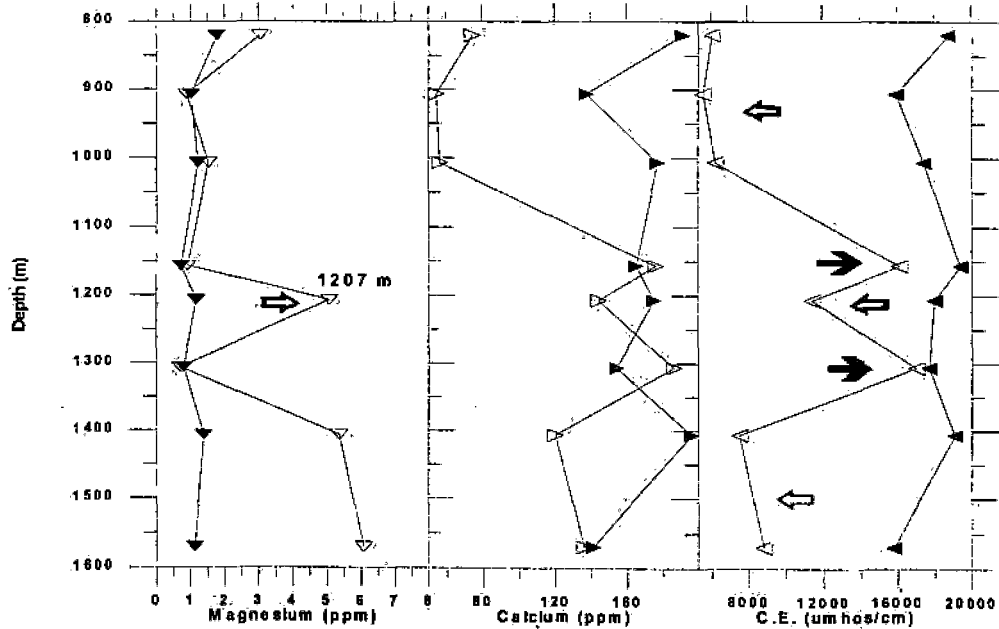
**Downhole samples WELL AH-34
17 July/97 - 3 Sept./97 (after 2a. discharge)**



Lines shows measured Temperatura (18 Jul./97 - 12 Sept./97)
Crosses shows Enthalpy values. Filled symbols are values for the second profiles after second discharge

ah34prob.grf

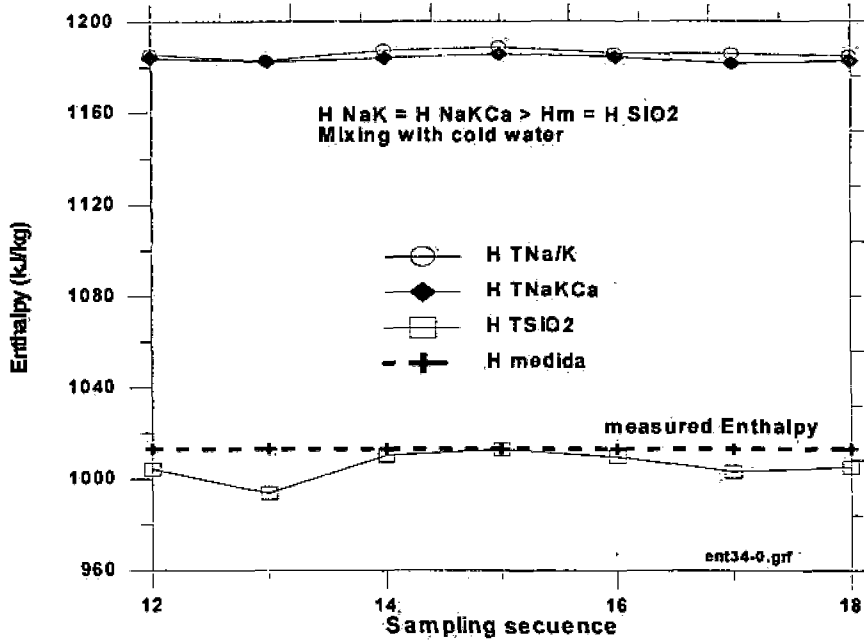
**Downhole samples WELL AH-34
17 July/97 - 3 Sept./97 (after 2a. discharge)**



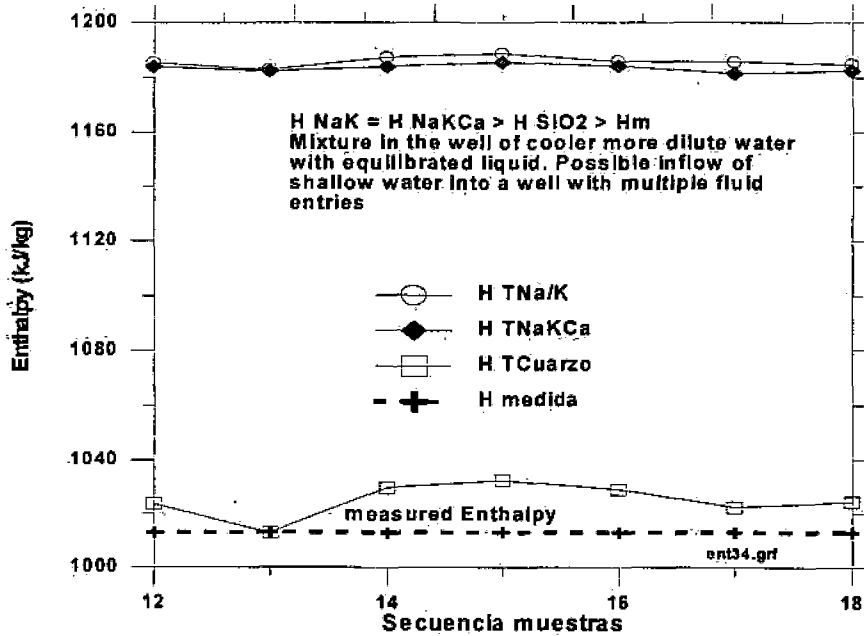
Filled symbols are values for second profile after 2a. discharge

ah34proc.grf

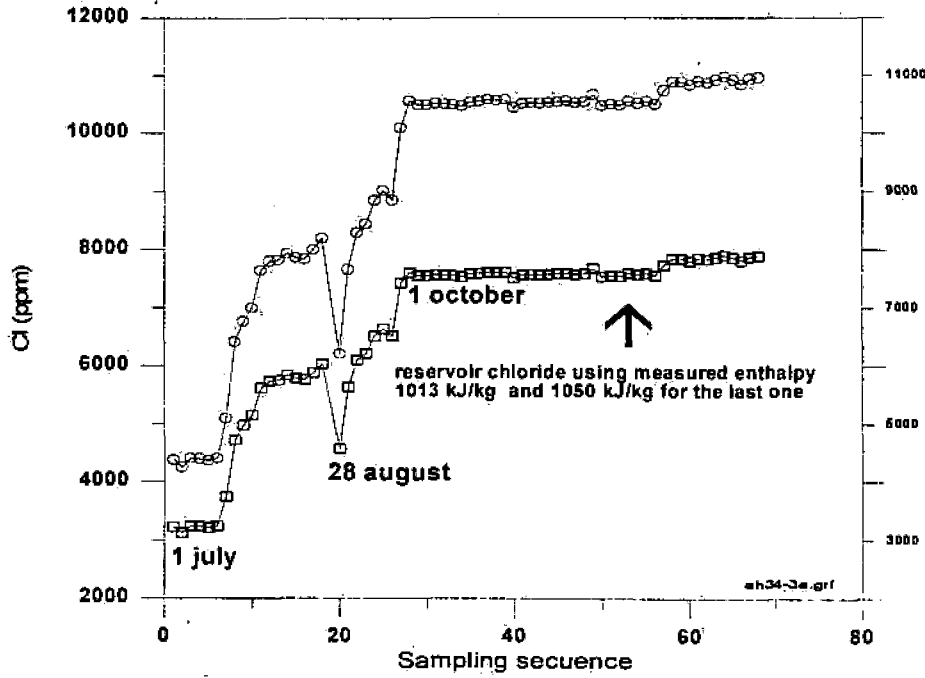
WELL AH-34
First Discharge 1-2/07/97 Weirbox data



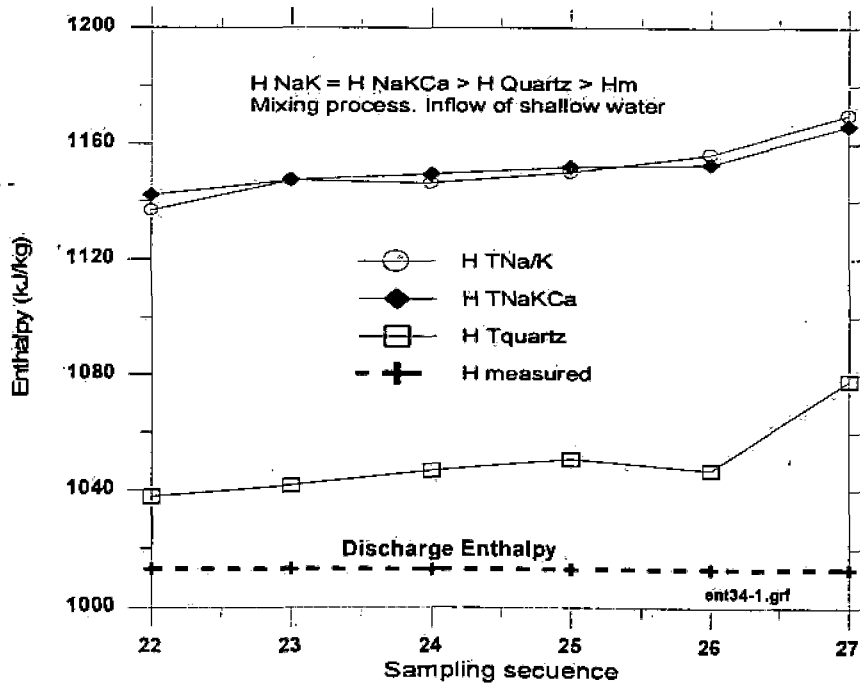
WELL AH-34
First discharge 1-2/07/97 Weirbox data



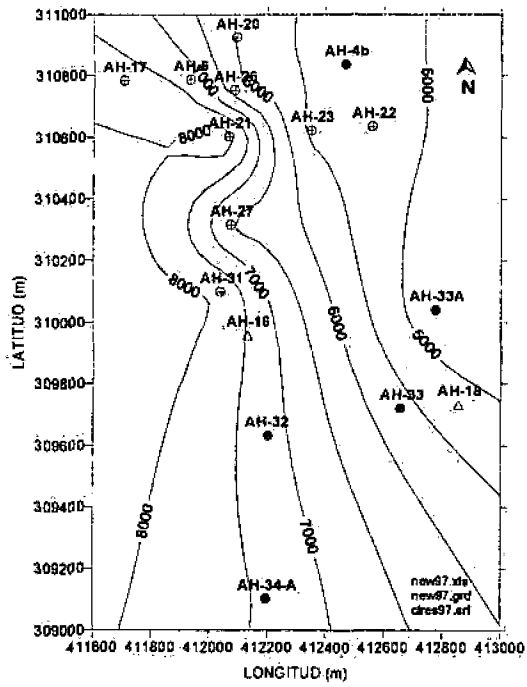
WELL AH-34
Discharges: 1 July/97 - 28 August - 1 October/97
Weirbox samples July & August Lab results
October "in situ" data



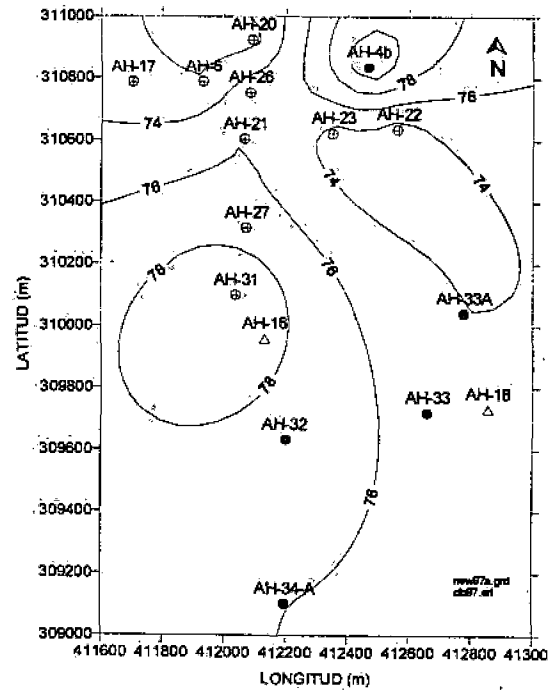
WELL AH-34
Second Discharge 28/08/97



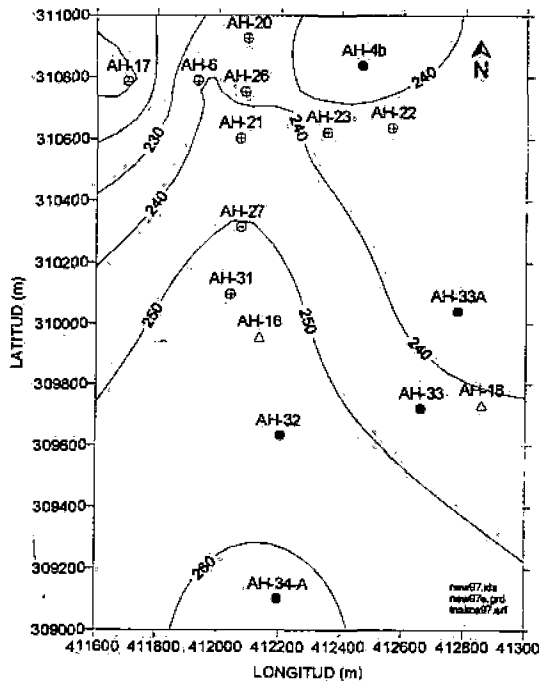
RESERVOIR CHLORIDE 7/97



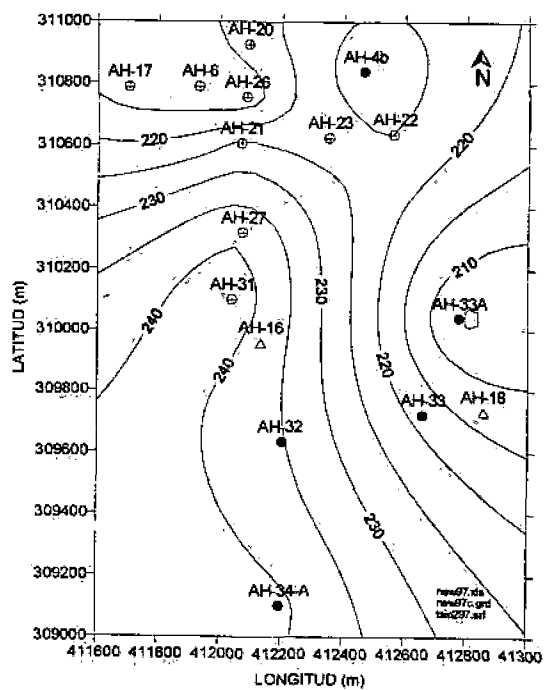
C/B 8/97



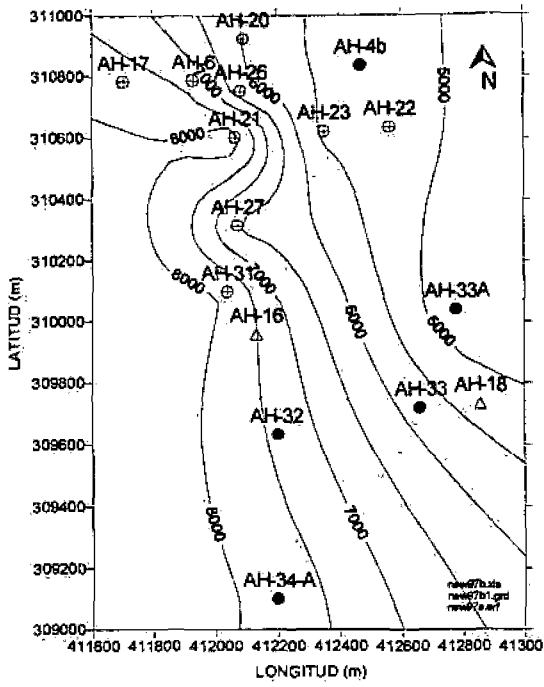
T NaKCa 7/97



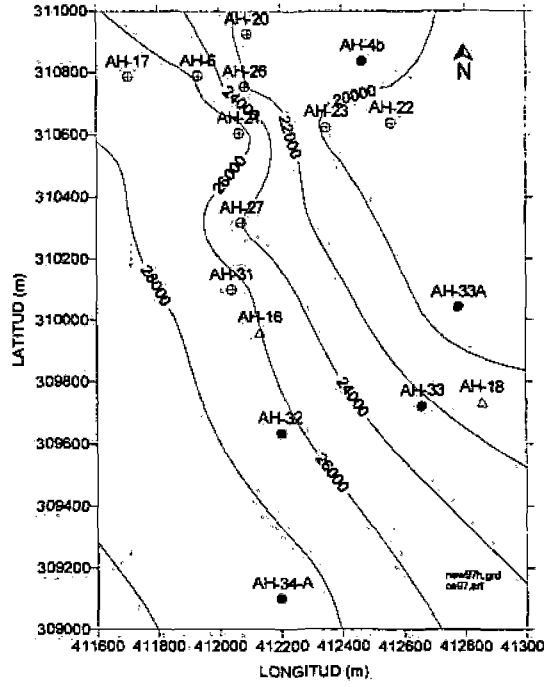
T SiO2 7/97



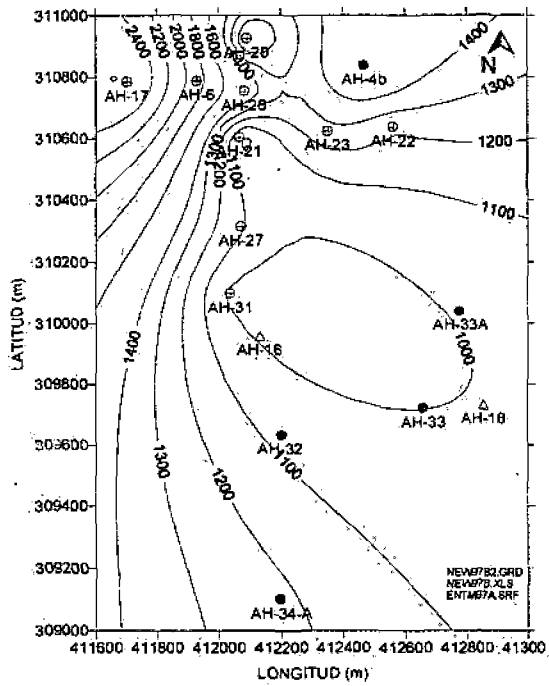
RESERVOIR CHLORIDE 10/97



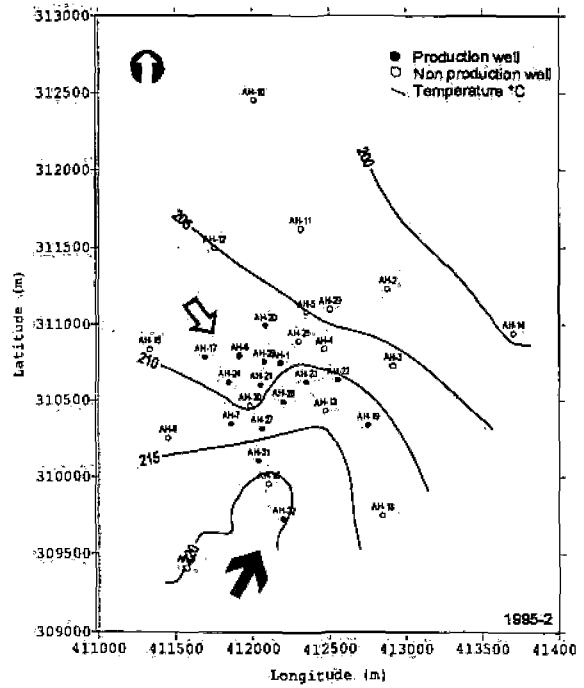
E.C. (umhos/cm) 7/97



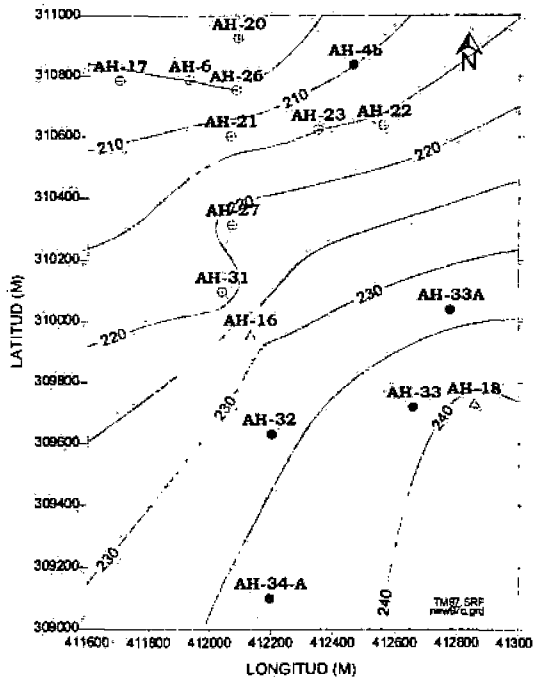
MEASURED ENTHALPY (kJ/kg) 10/97



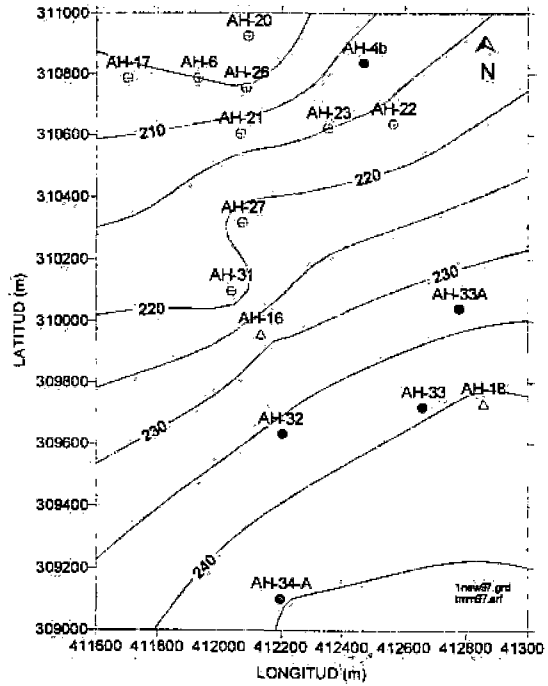
Temperature contours at 200 masl



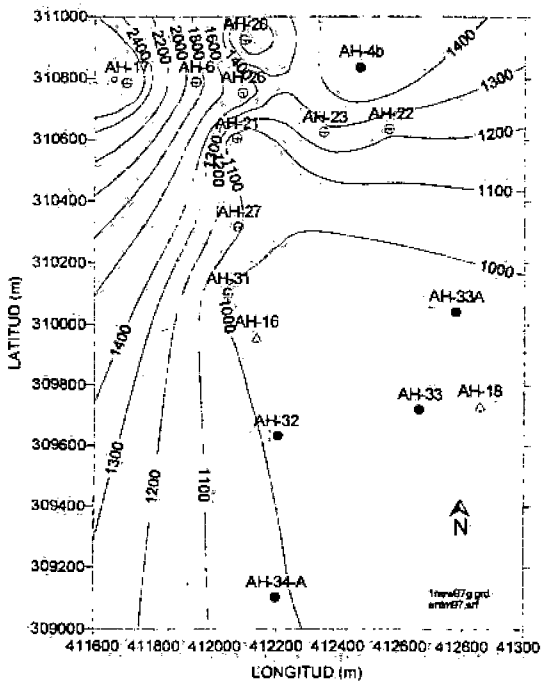
T max measured (°C) 2/7/97



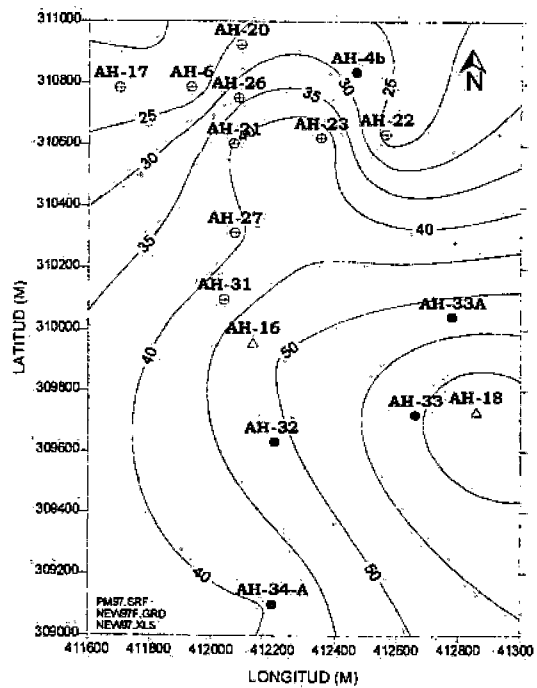
T max measured (°C) 9/97

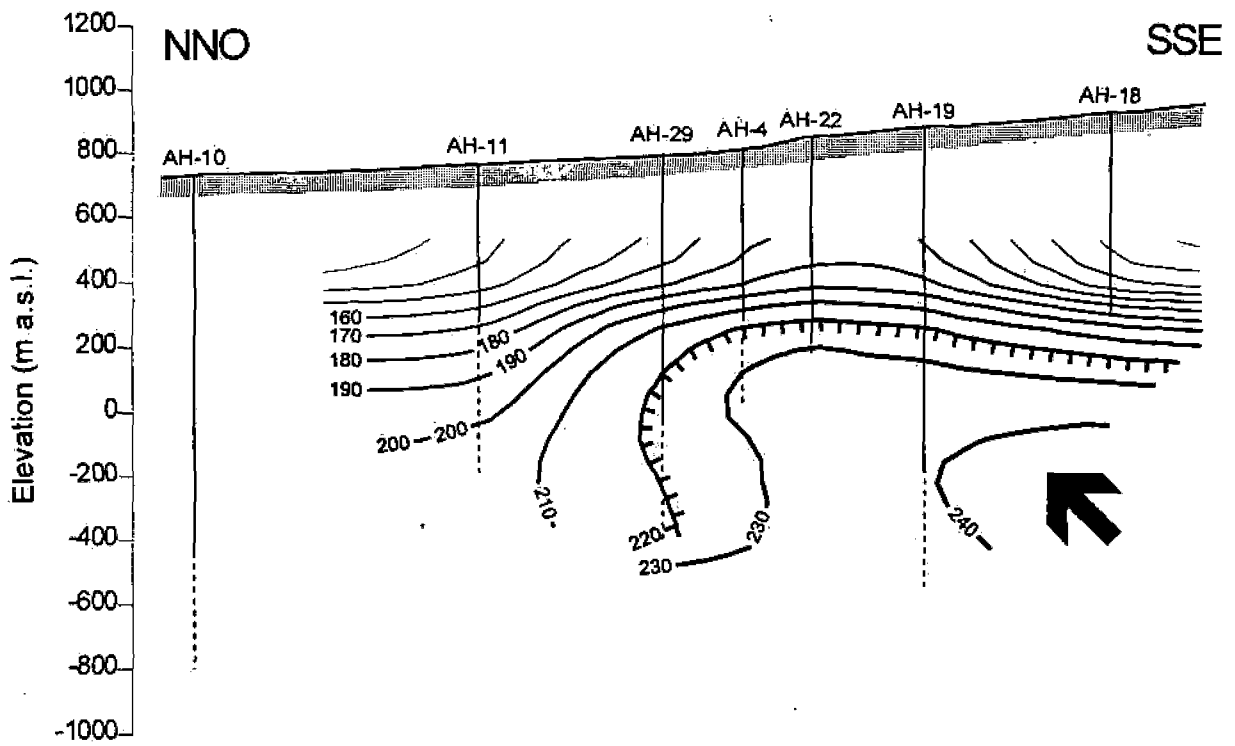


MEASURED ENTHALPY (kJ/kg) 7/97

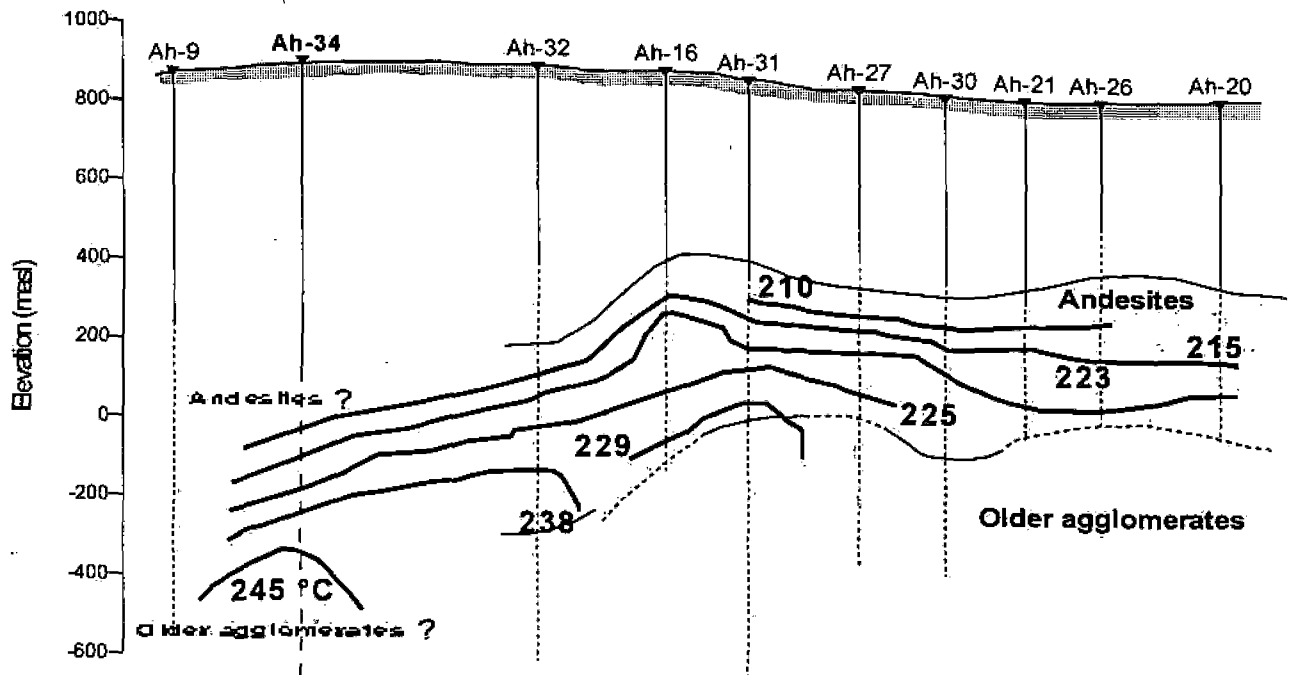


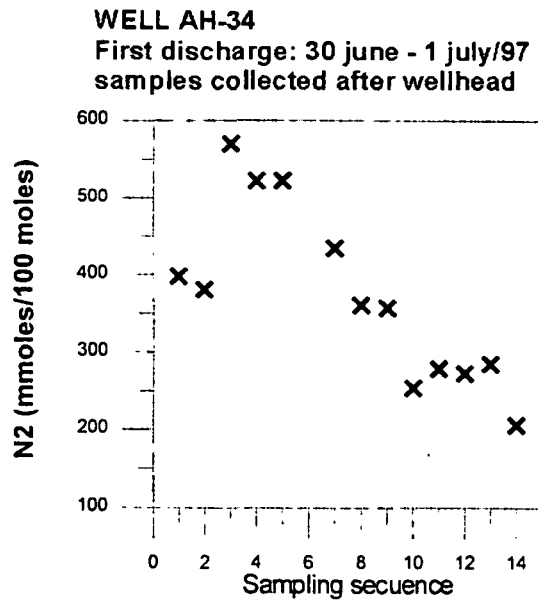
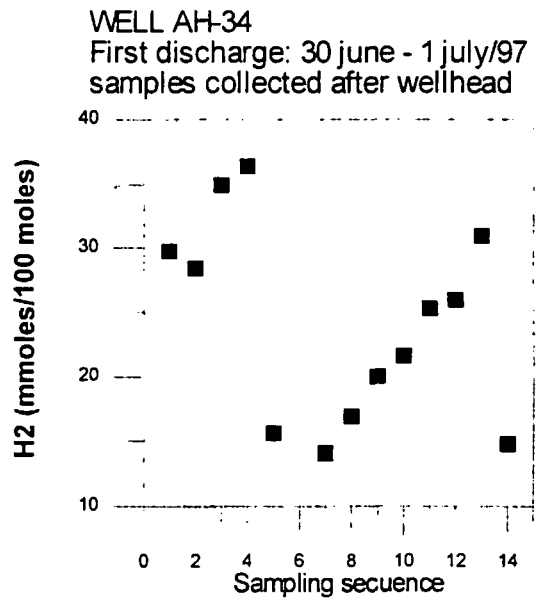
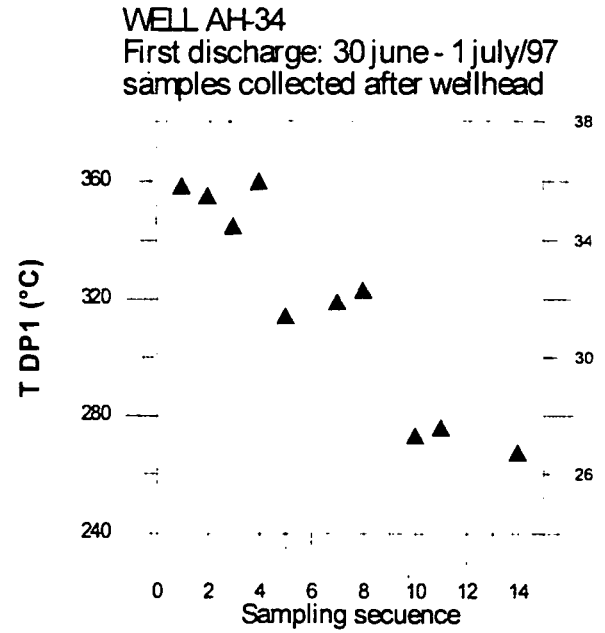
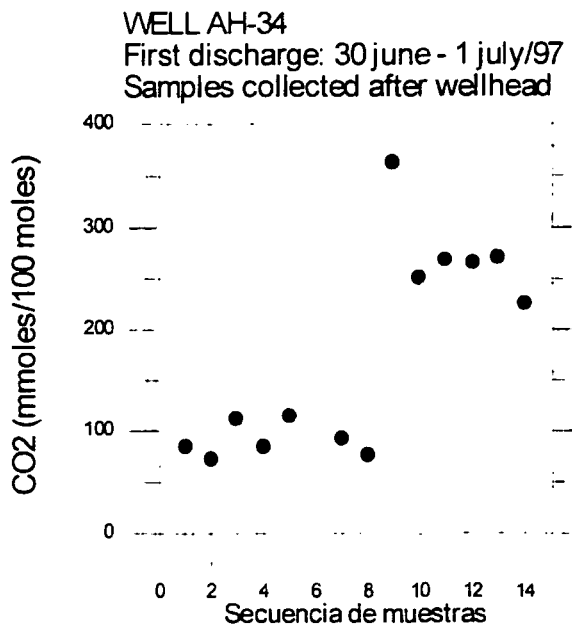
P max measured (bar a) 7/97



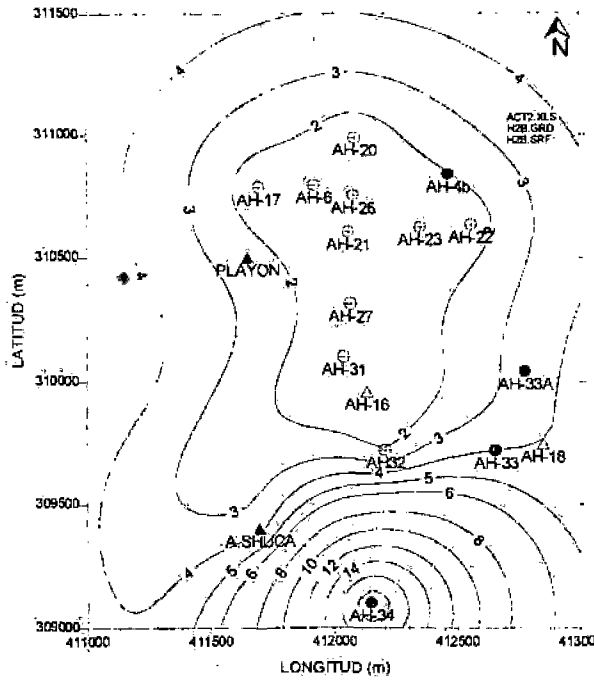


Maximum Temperature (°C) - Preliminary results

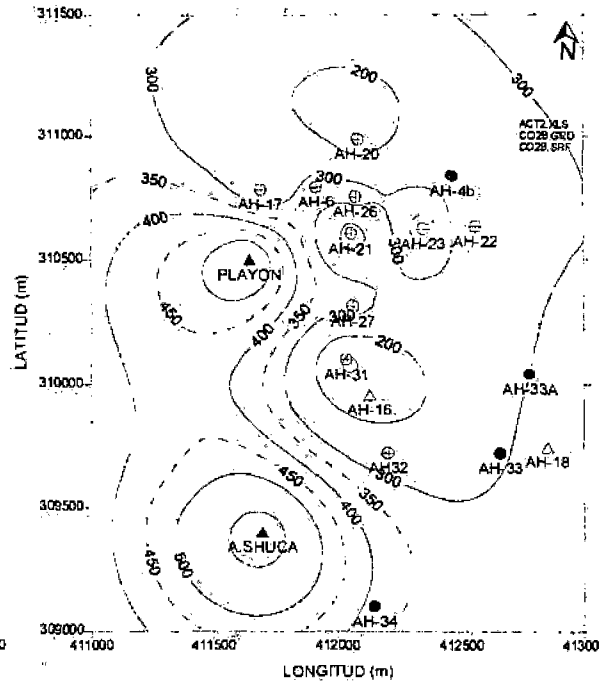




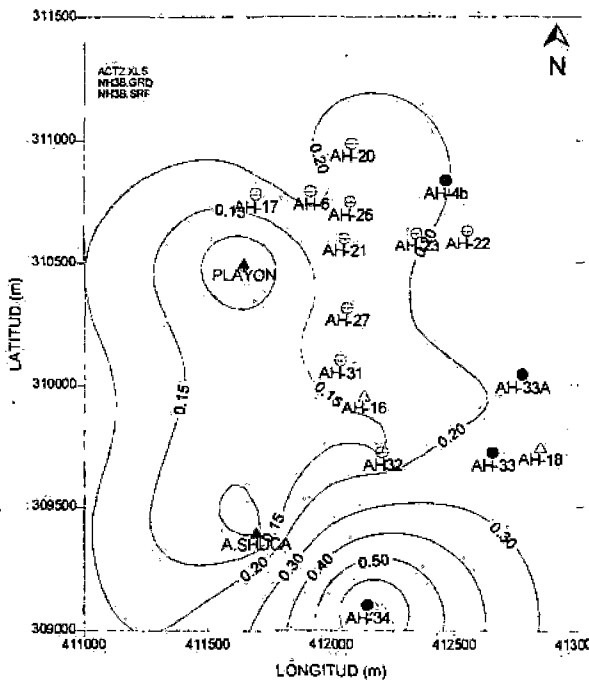
H2, WELLS AND FUMARoles
EL PLAYON - AGUA SHUCA 1997



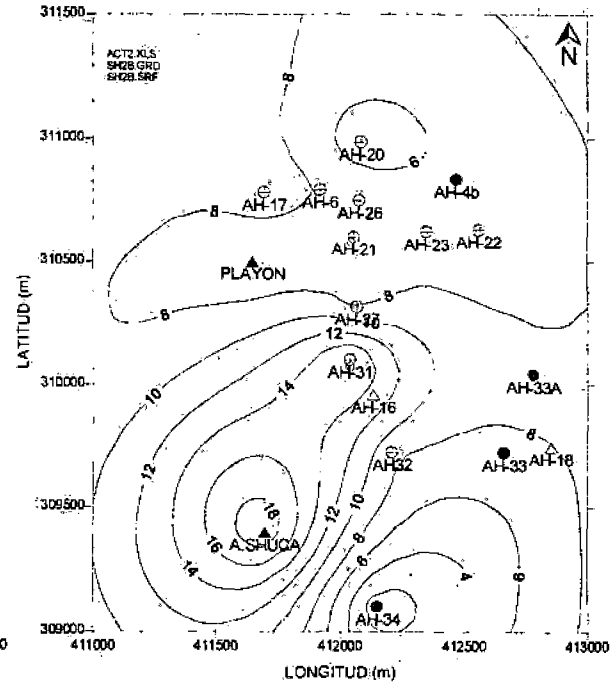
CO2, WELLS AND FUMARoles
EL PLAYON - AGUA SHUCA 1997

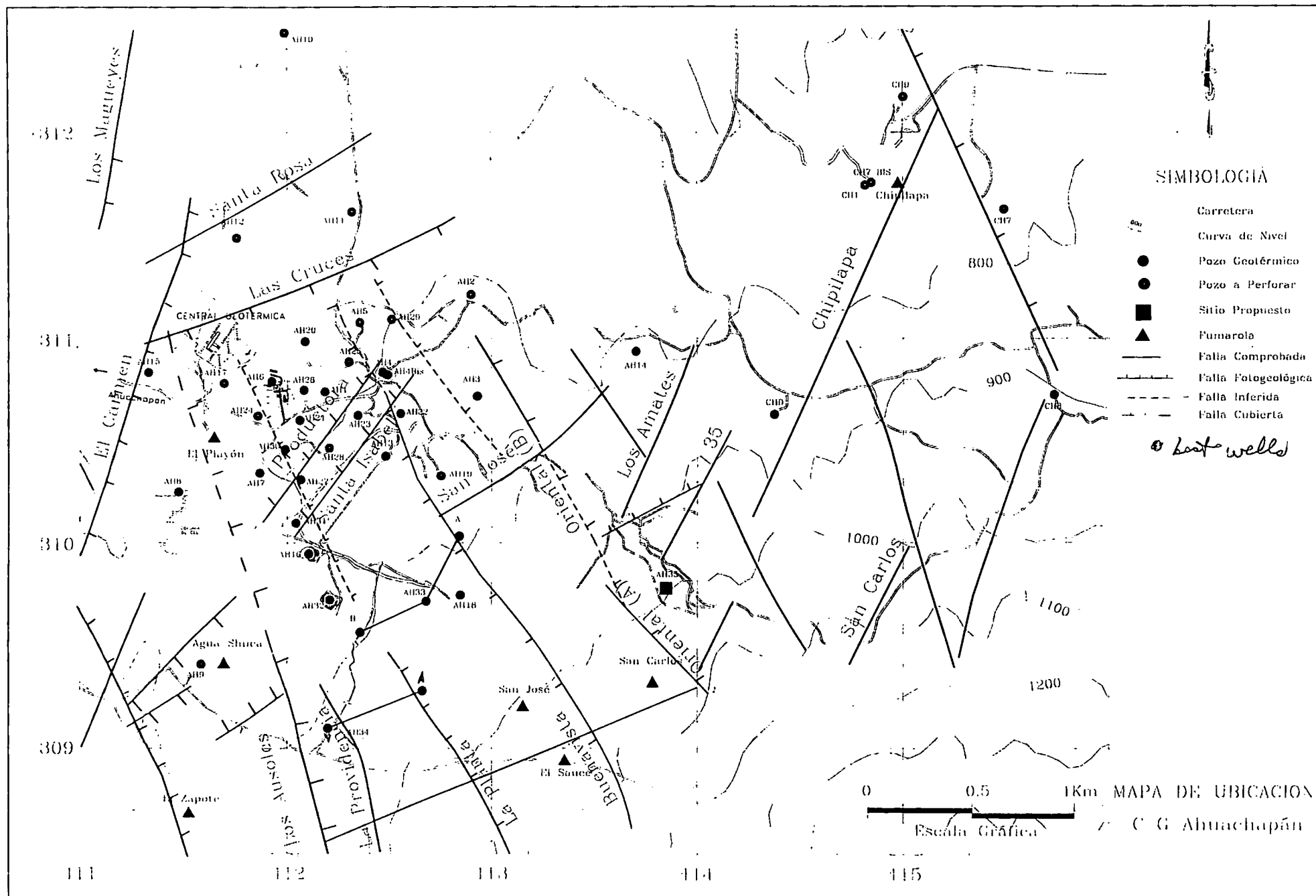


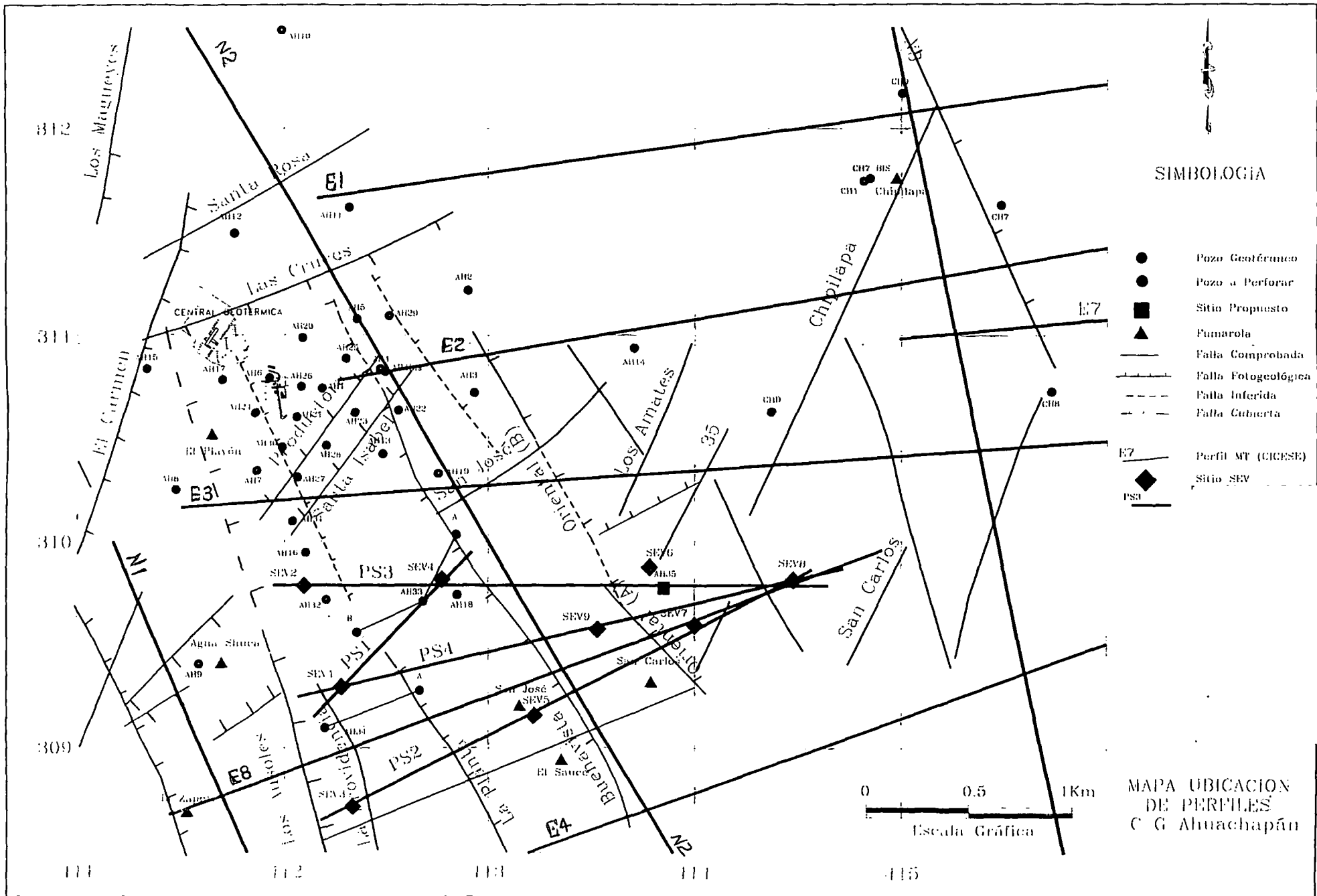
NH3, WELLS AND FUMARoles
EL PLAYON - AGUA SHUCA 1997



H2S, WELLS AND FUMARoles
EL PLAYON - AGUA SHUCA 1997

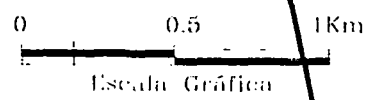




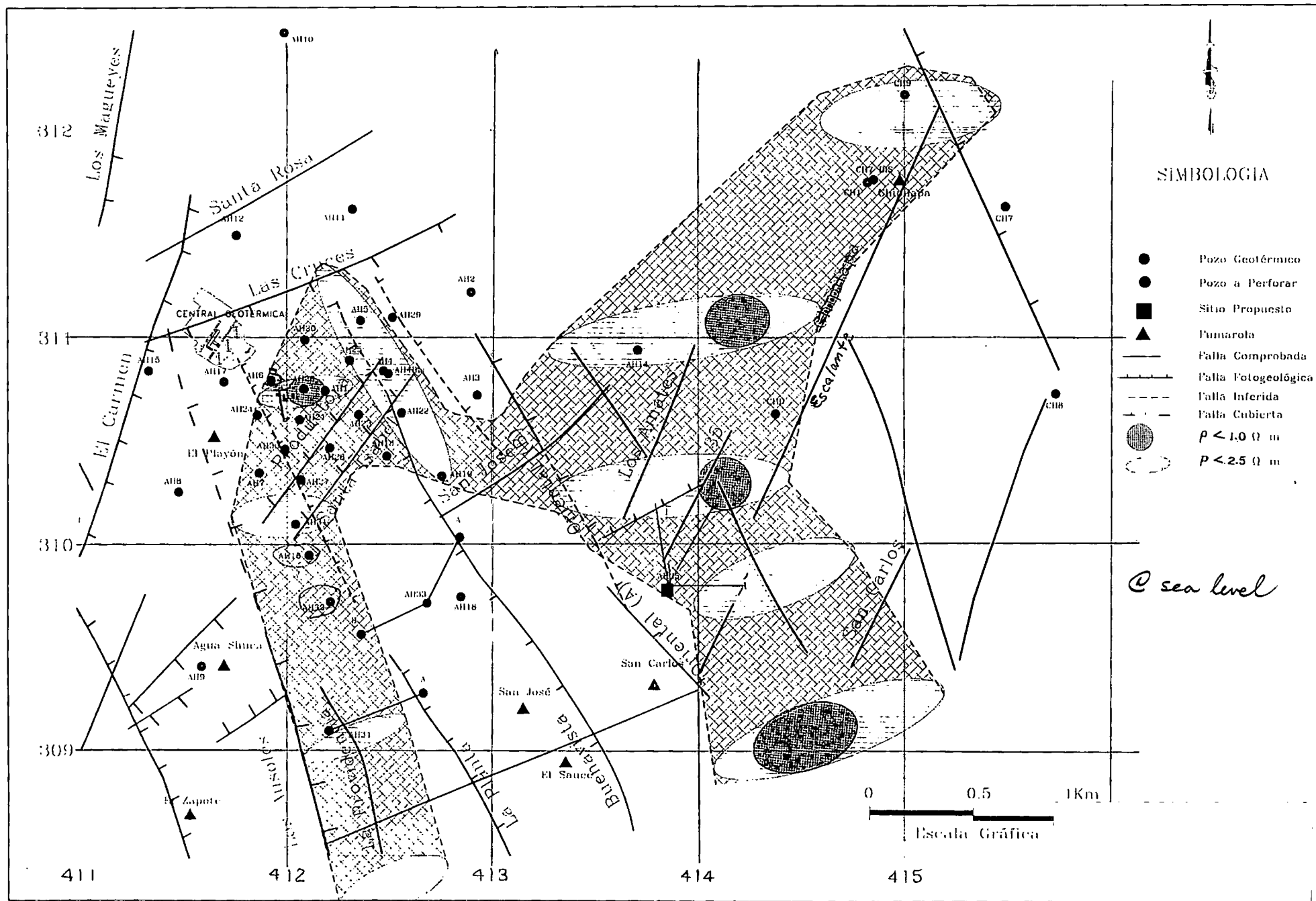


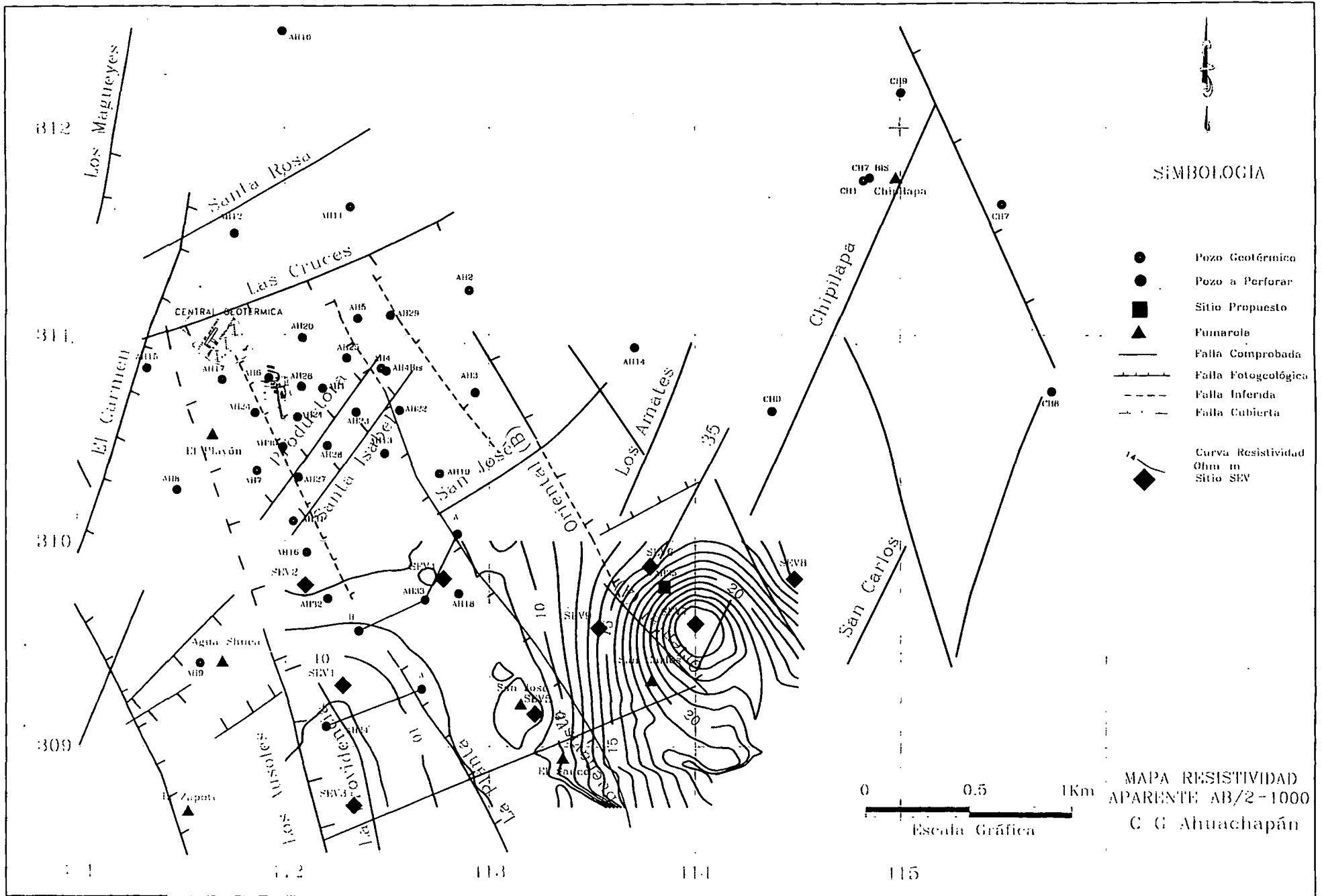
SIMBOLOGIA

- Pozo Geotérmico
- Pozo a Perforar
- Sitio Propuesto
- ▲ Fumarola
- Falta Comprobada
- - - Falta Fotogeológica
- · · Falta Inferida
- · - Falta Cubierta
- E7 Perfil MT (CIGESE)
- ◆ Sitio SEV
- PS3



MAPA UBICACION
DE PERFILES
C G Ahuachapán

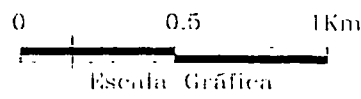


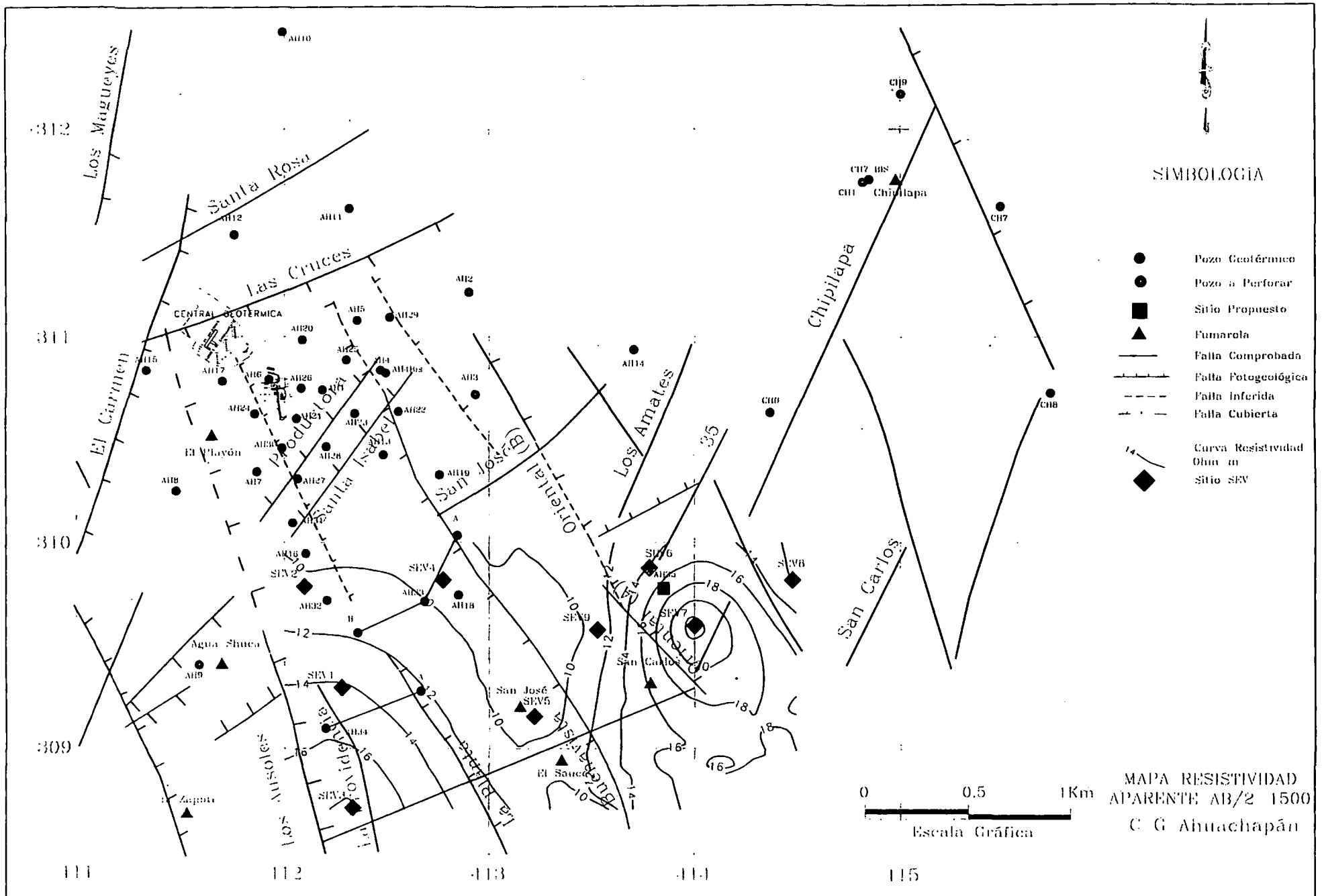


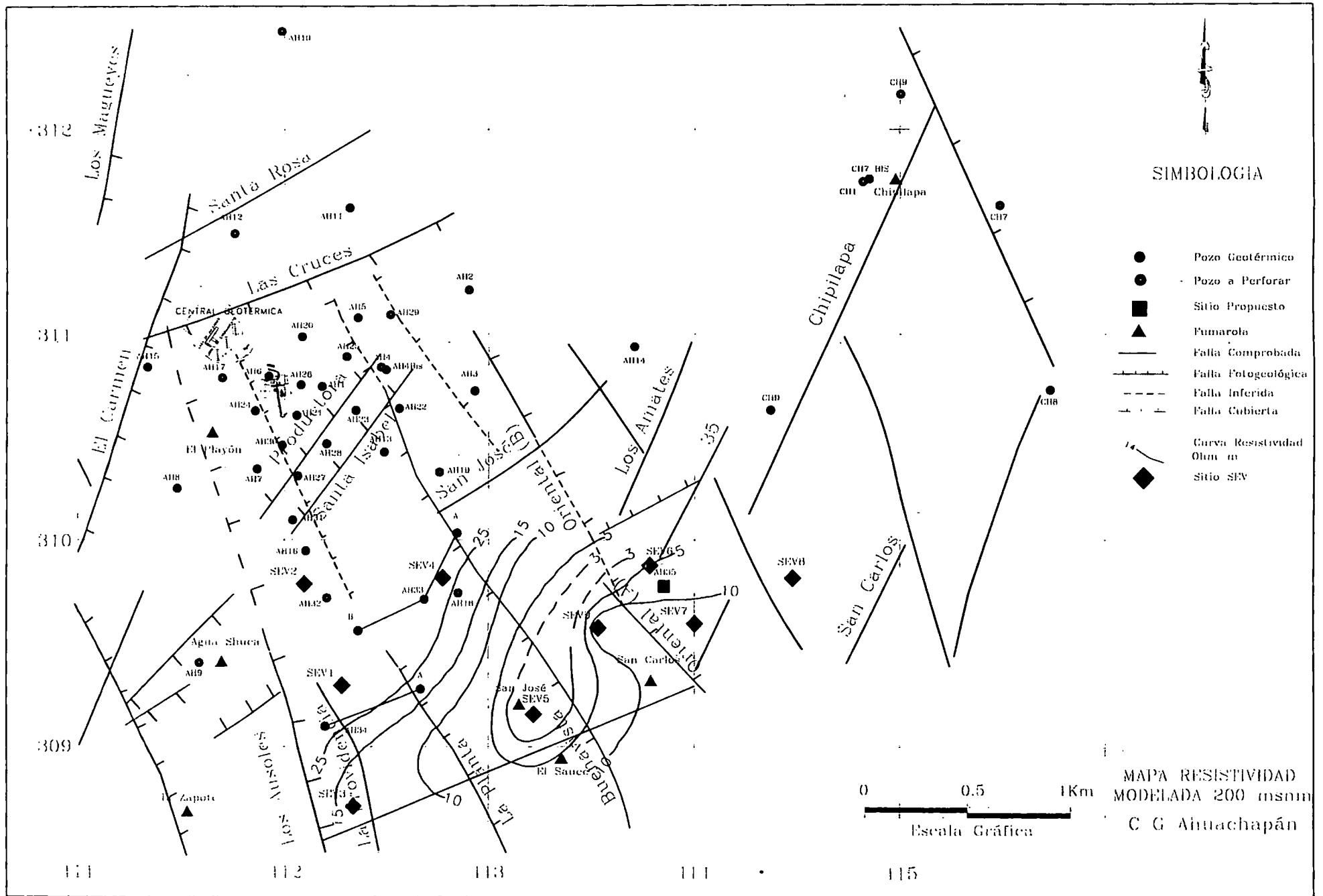
SIMBOLOGIA

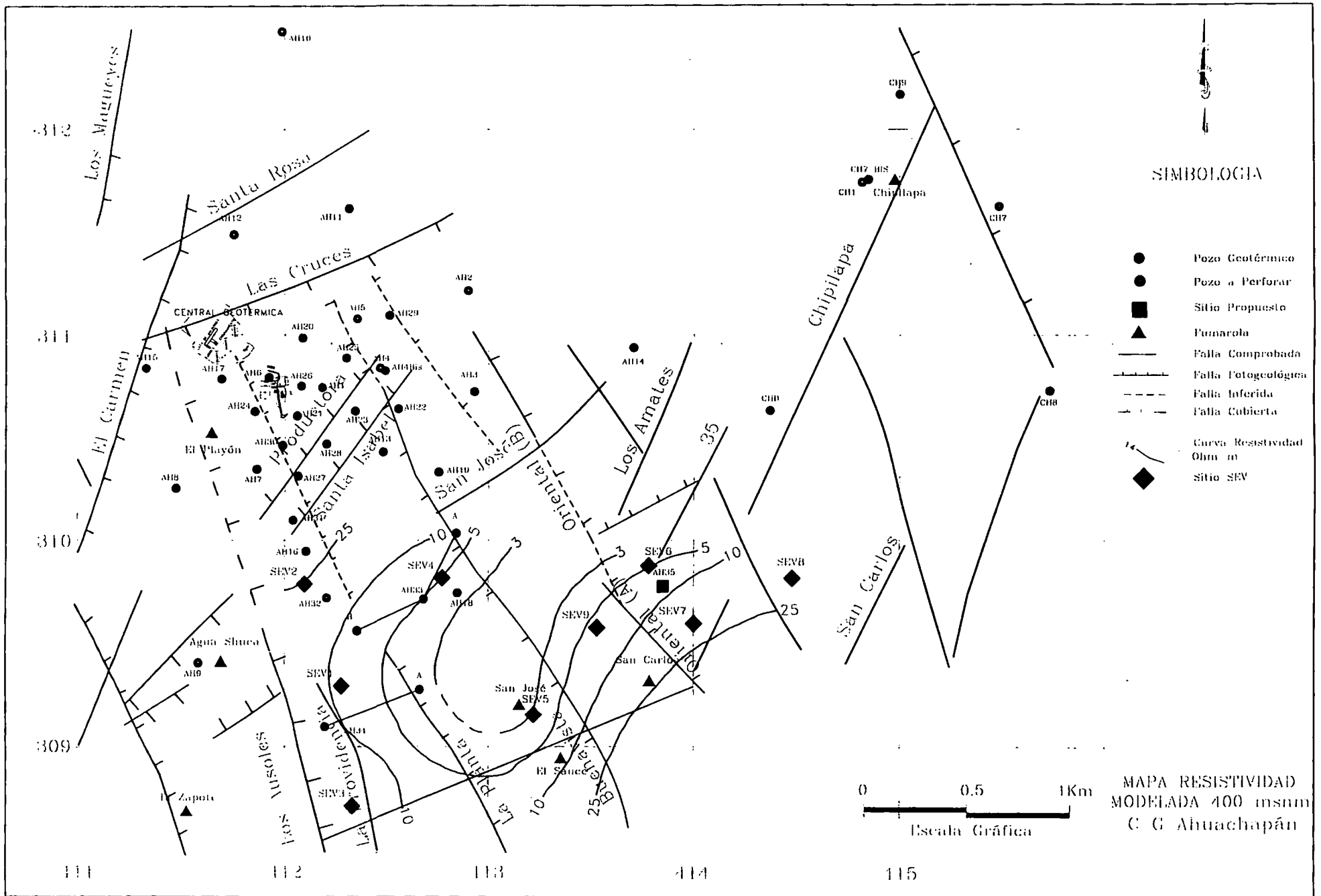
- Pozo Geotérmico
- Pozo a Perforar
- Sitio Propuesto
- ▲ Fumarole
- Falta Comprobada
- - - Falta Fotogeológica
- - - Falta Inferida
- - - Falta Cubierta
- ◆ Curva Resistividad
Ohm m
Sitio SEV

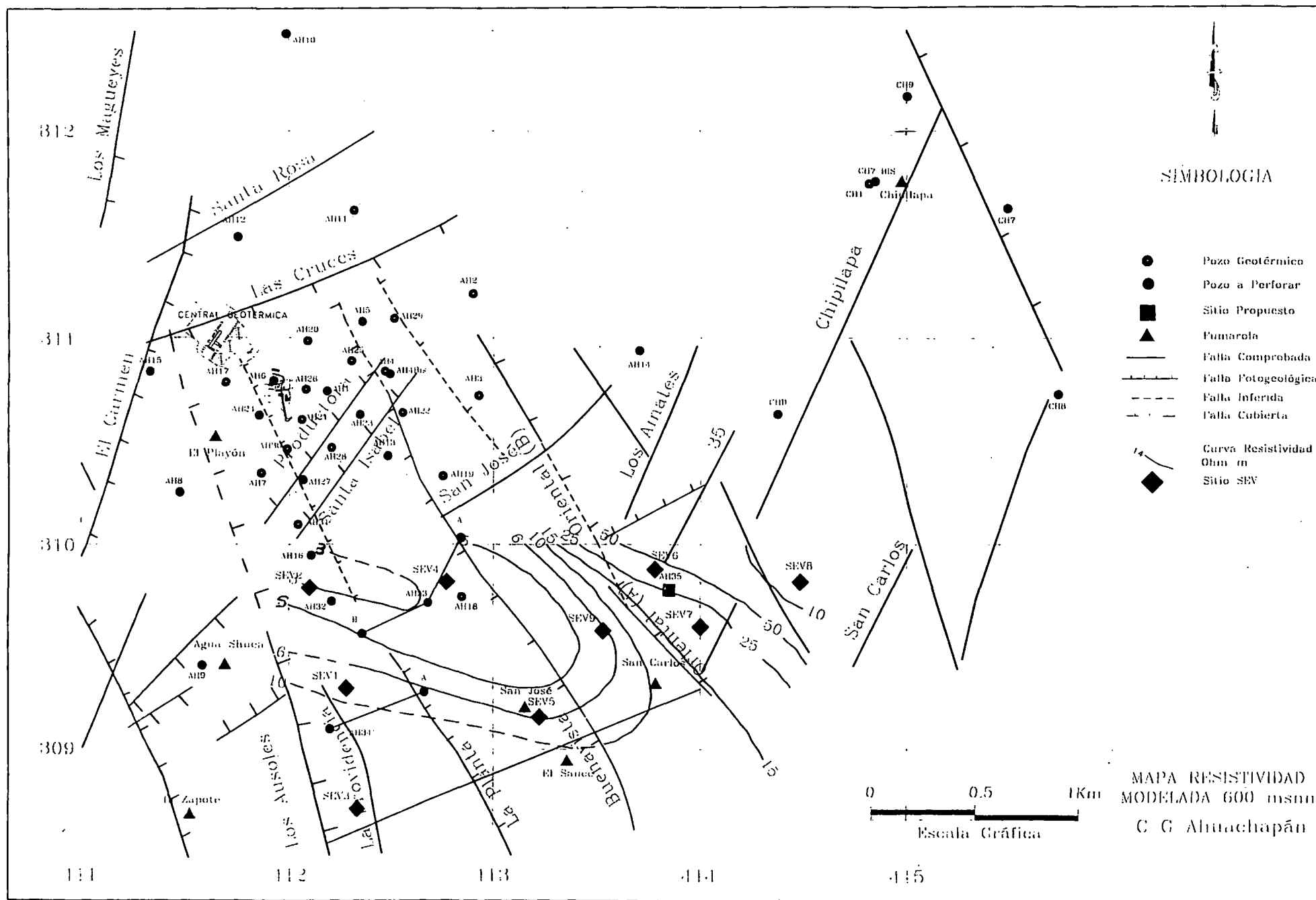
MAPA RESISTIVIDAD APARENTE AB/2-1000
C G Ahuachapán

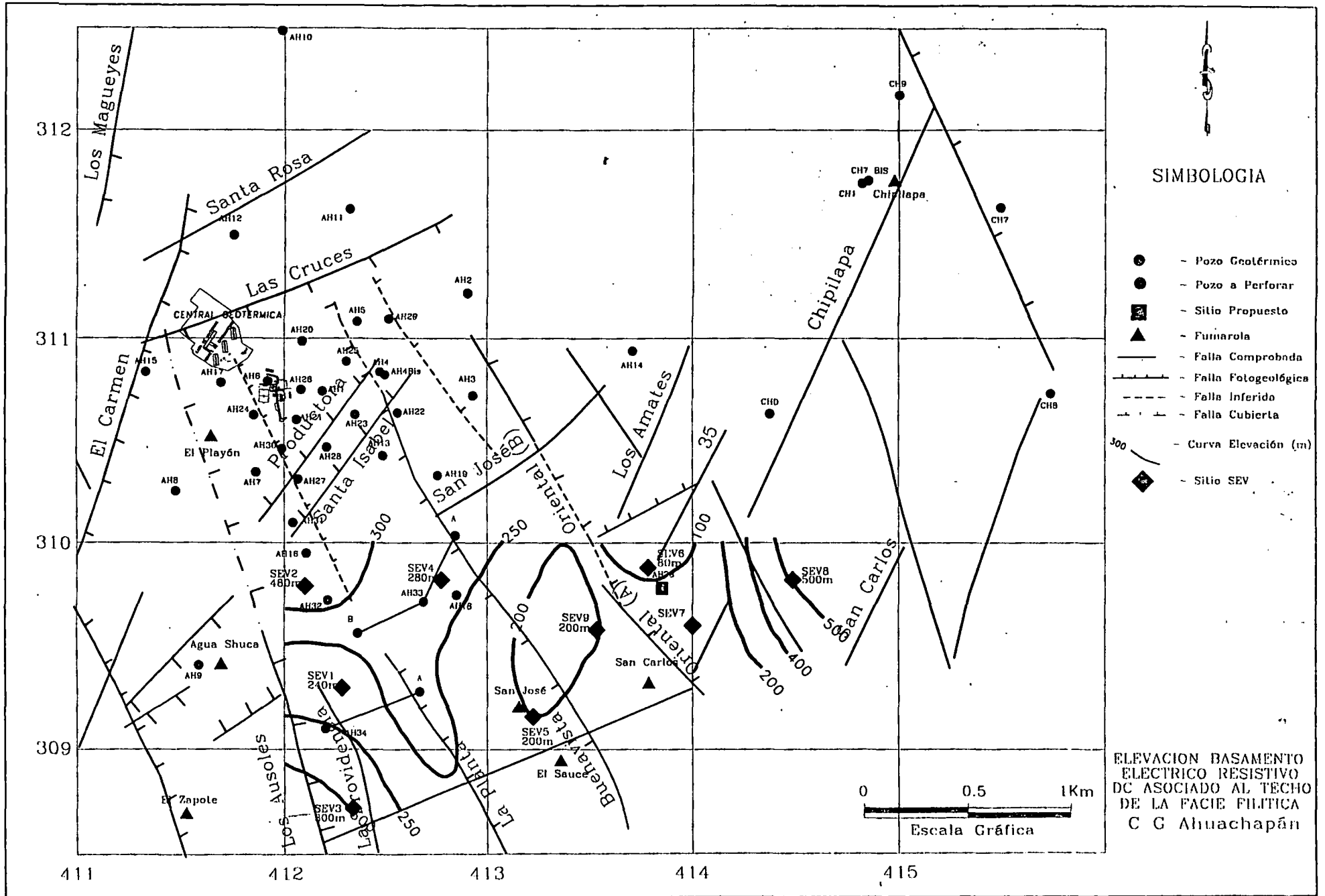








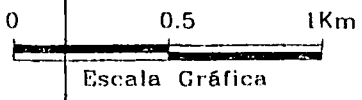


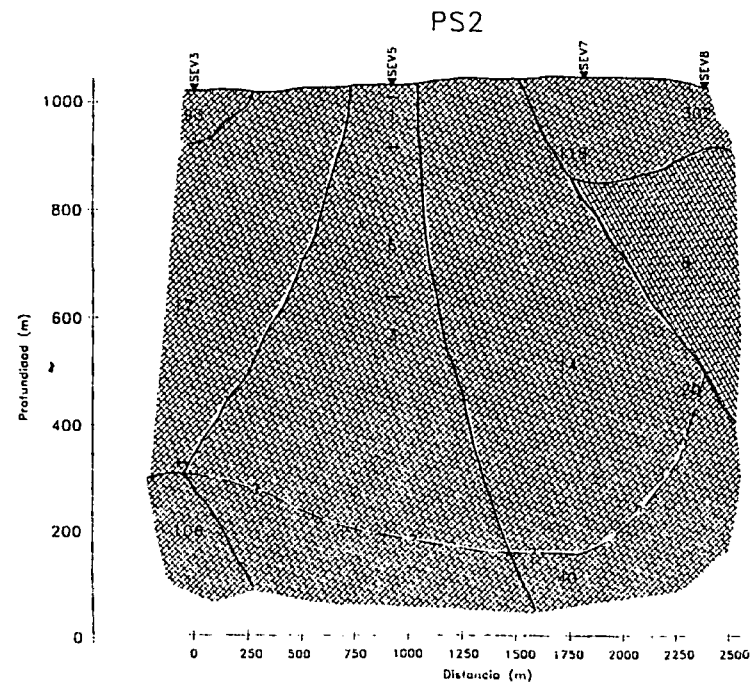
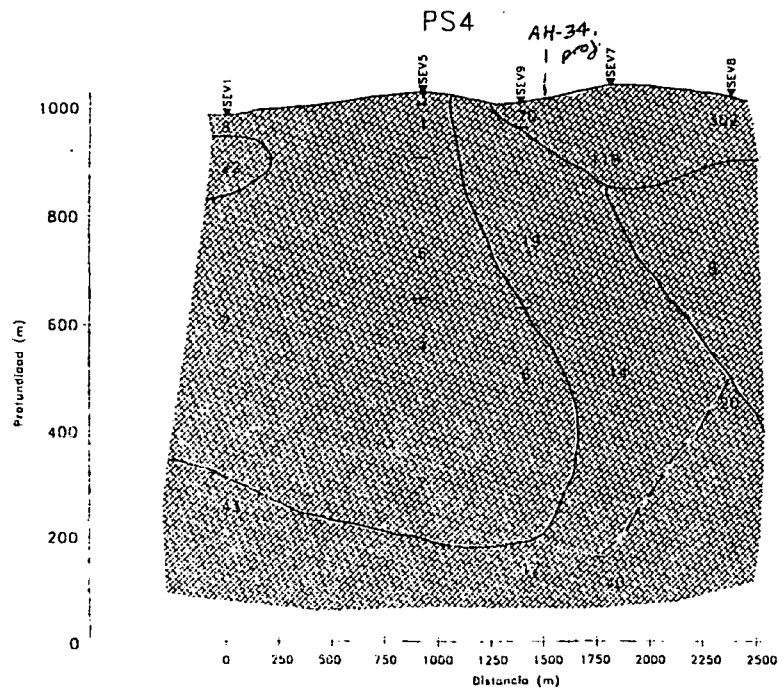
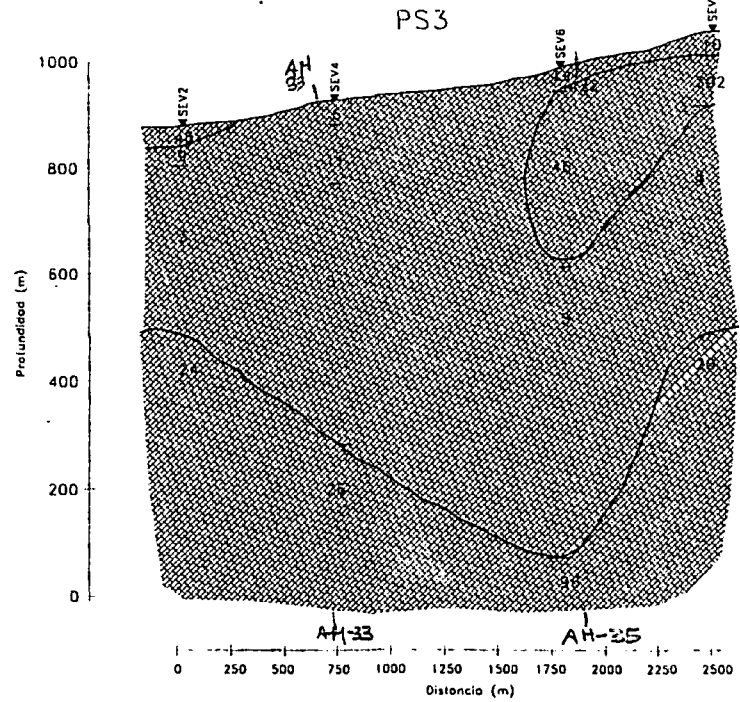
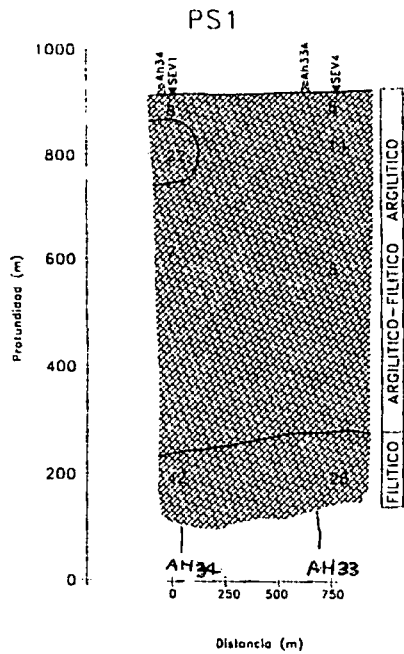


SIMBOLOGIA

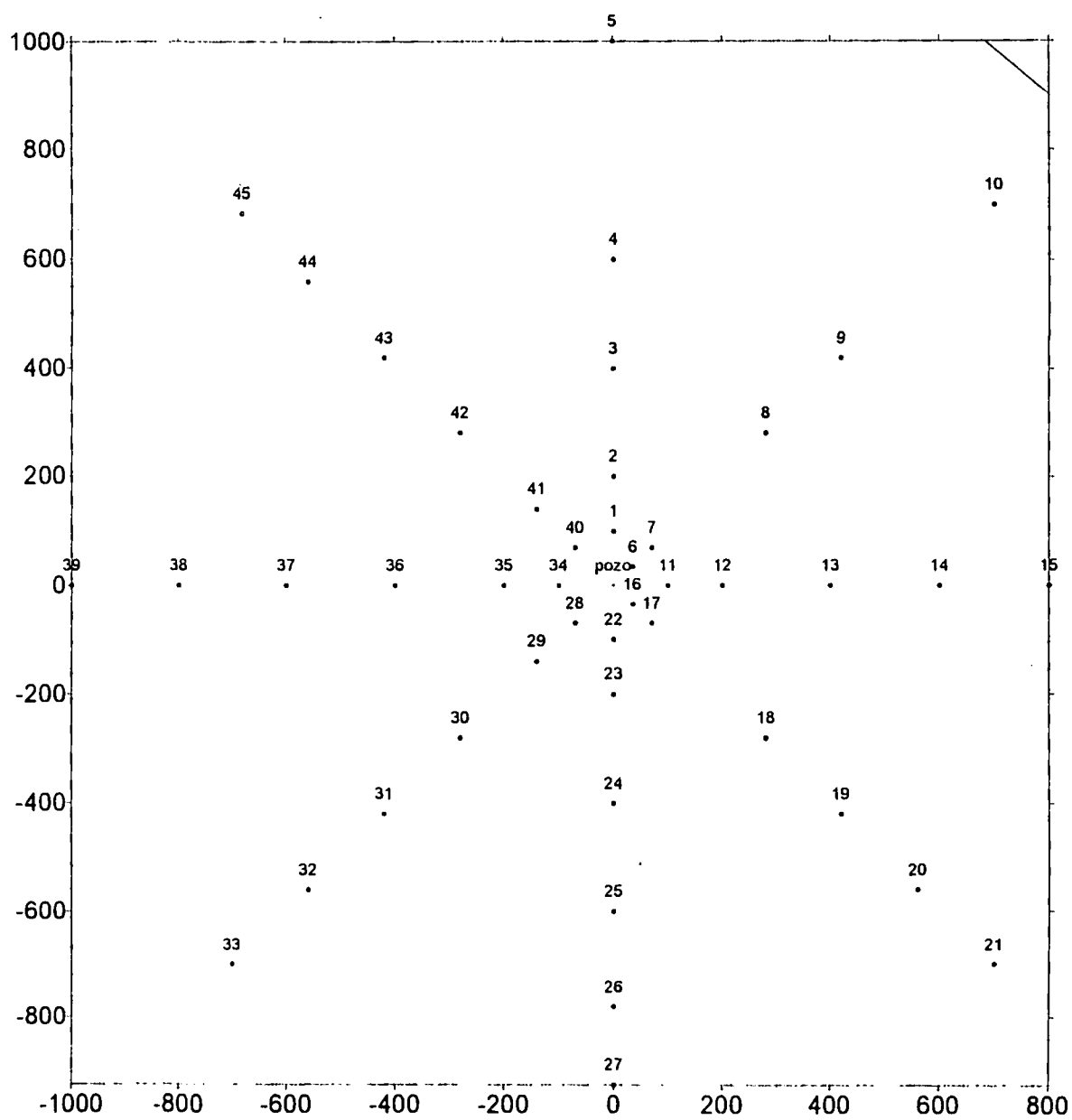
- - Pozo Geotérmico
- - Pozo a Perforar
- - Sitio Propuesto
- ▲ - Fumarola
- - Falla Comprobada
- - - - - Falla Inferida
- · - - - - Falla Cubierta
- (curved) - Curva Elevación (m)
- ◆ - Sitio SEV

ELEVACION BASAMENTO
ELECTRICO RESISTIVO
DC ASOCIADO AL TECHO
DE LA FACIE FILITICA
C G Ahuachapán

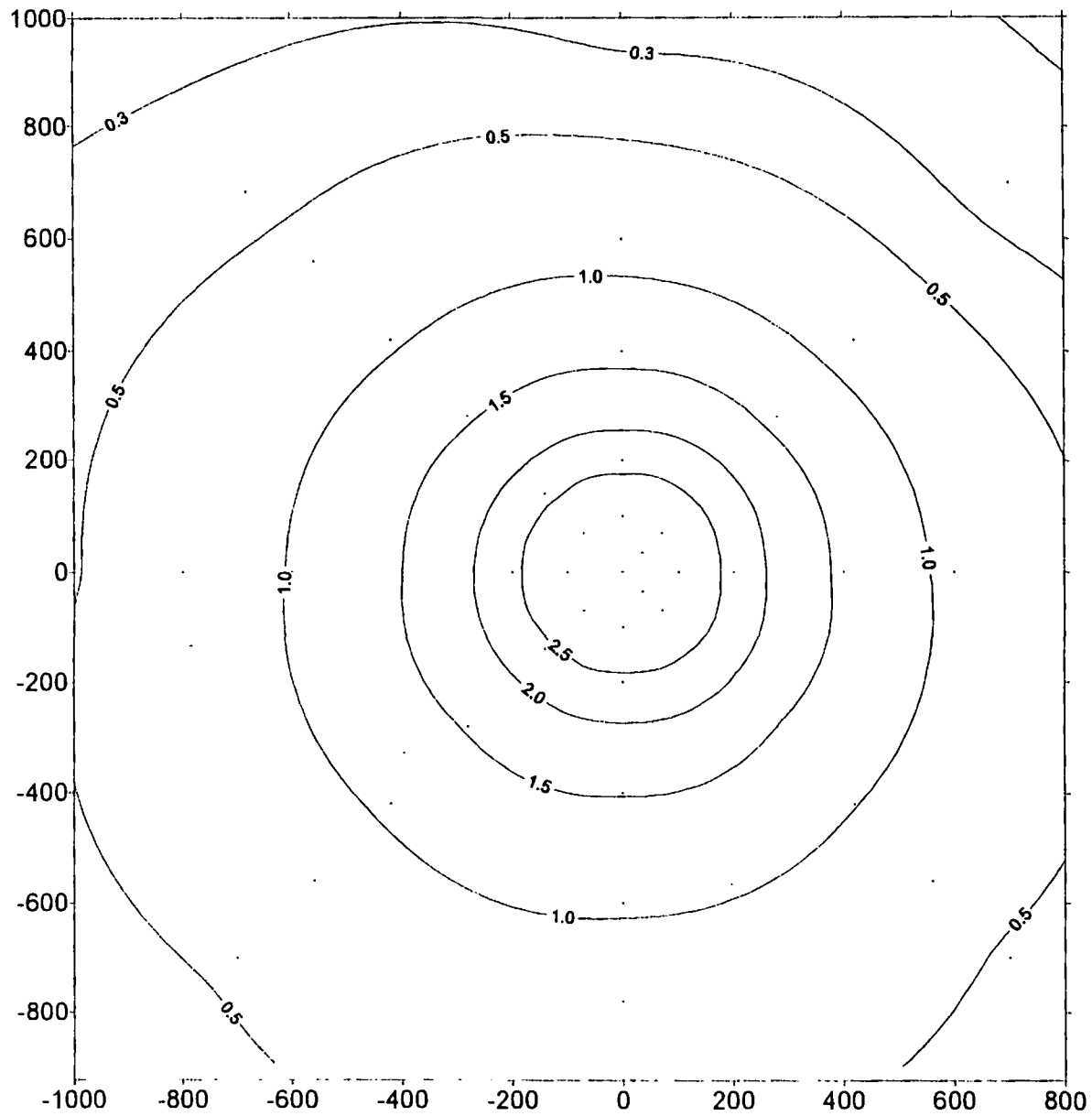




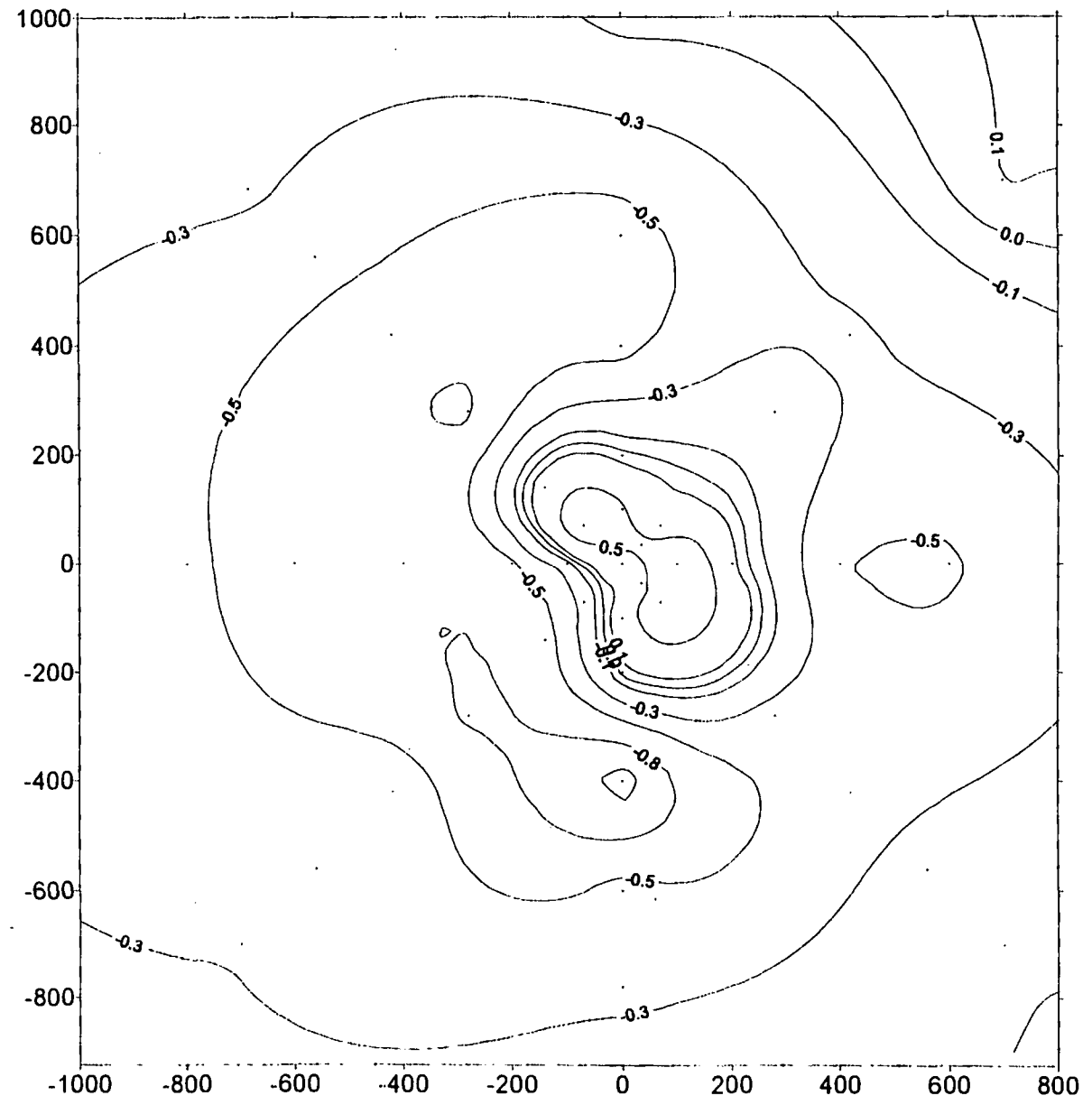
UBICACION DE ESTACIONES
SONDEO MESE A LA MASSE POZO AH-19



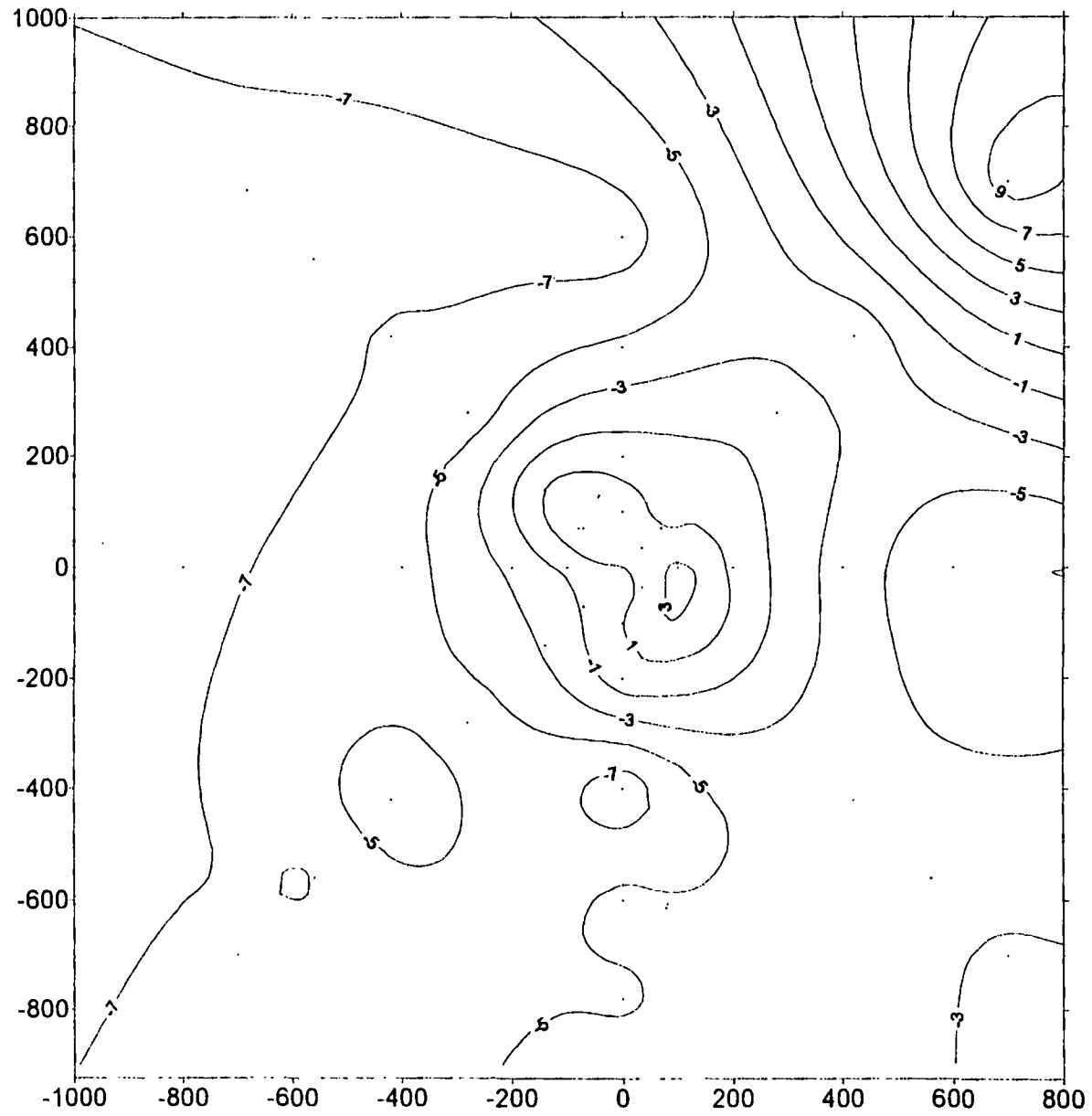
RELACION V/I TEORICA
SONDEO MISE A LA MASSE POZO AH-19



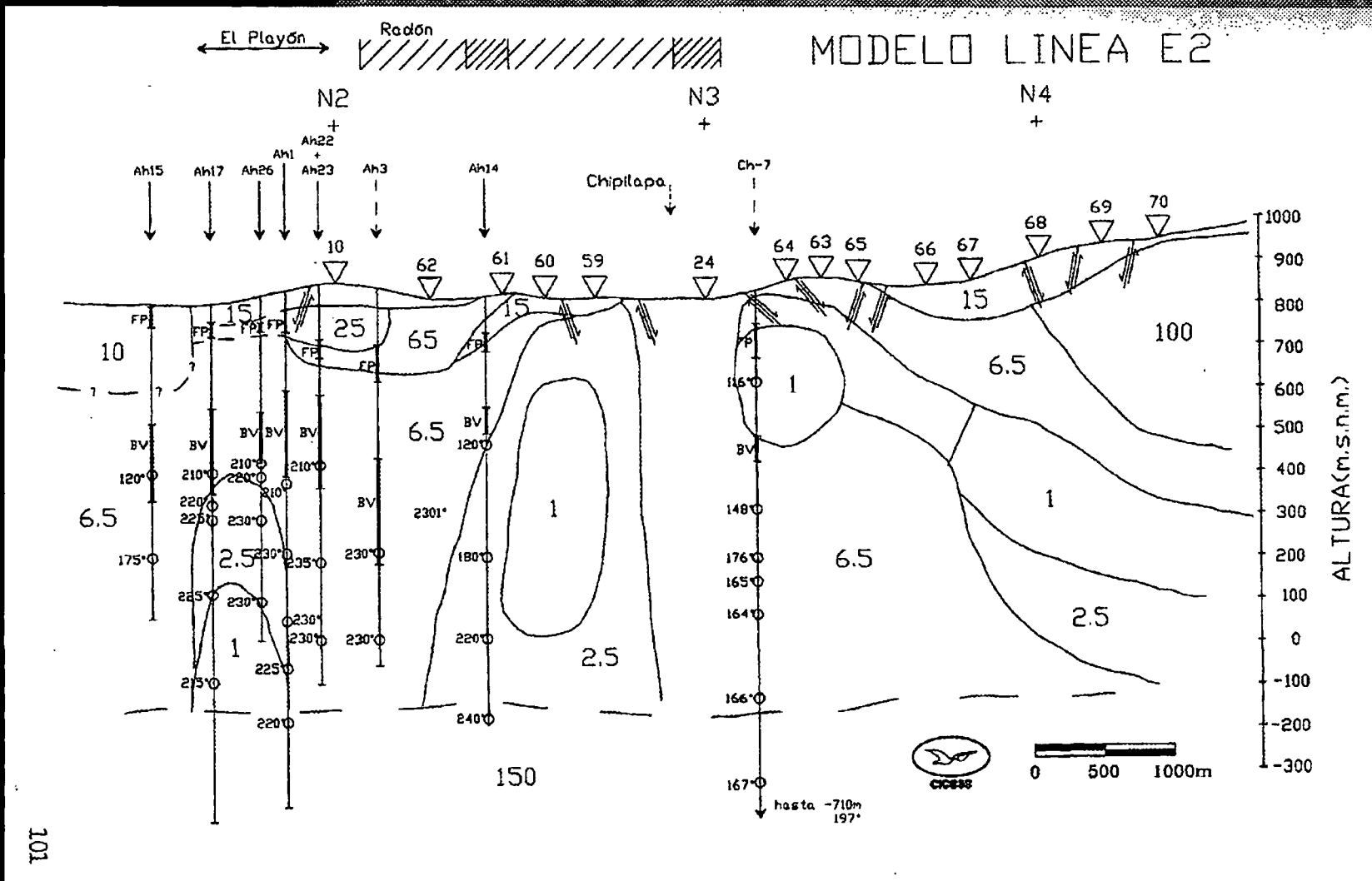
MAPA DE DIFERENCIA DE V/I
SONDEO MISE A LA MASSE, AH-19



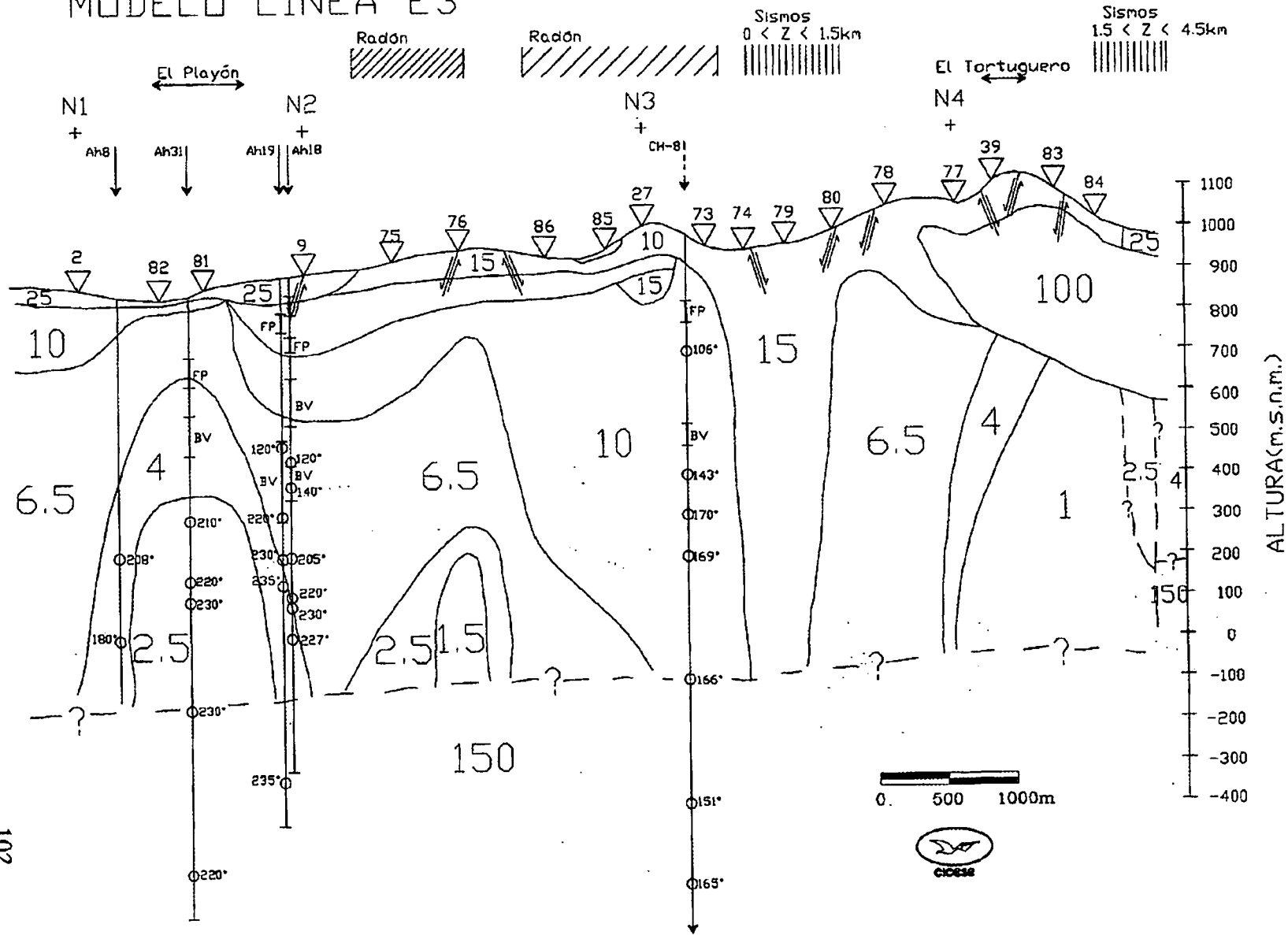
MAPA DE DIFERENCIA DE RHO
SONDEO MESE A LA MASSE AH-19



ESTUDIO MT



MODELO LINEA E3

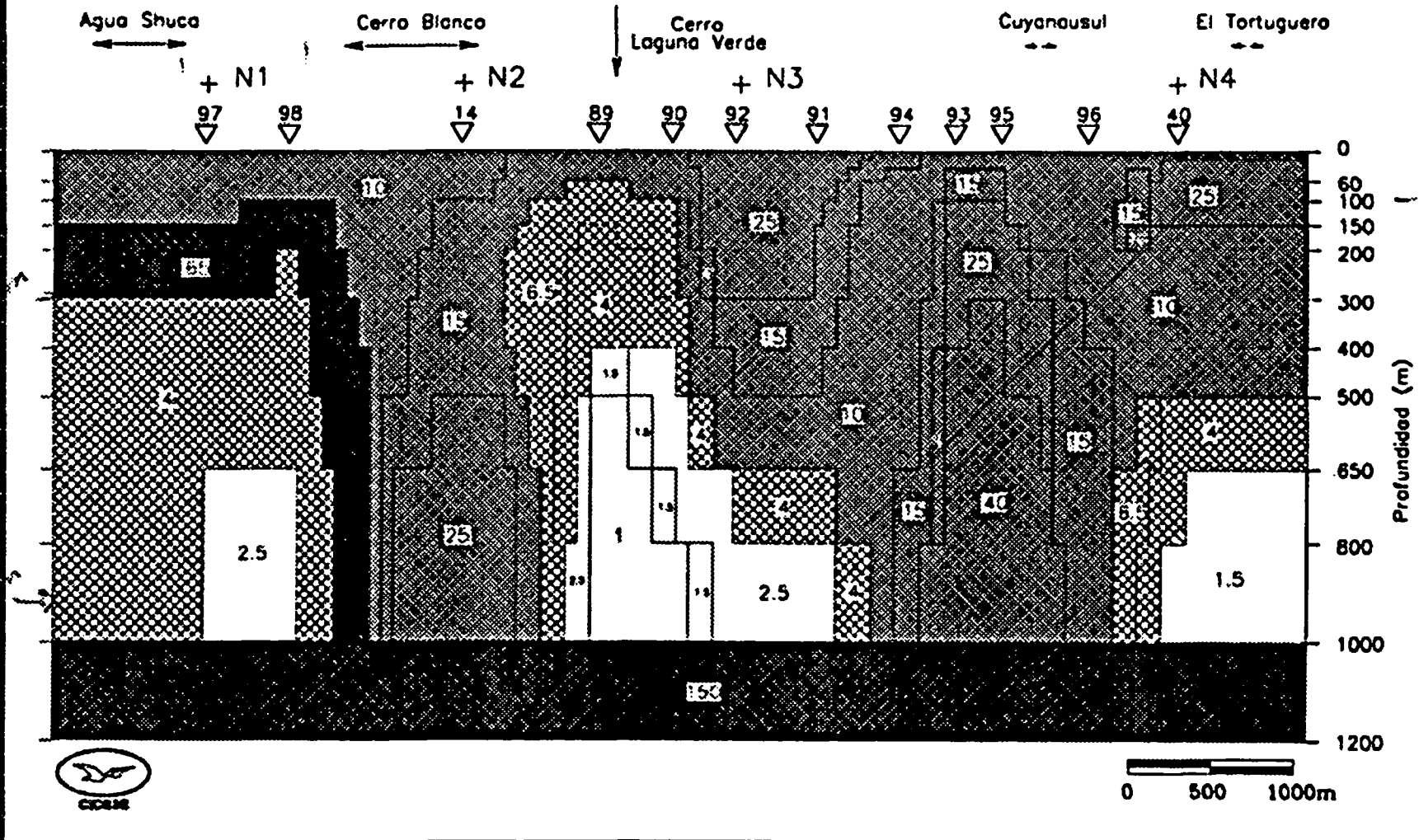


north of BH34

E3



MODELO 2-D LINEA E4



south of a.l.d.h.

E4

MODELO 2-D LINEA N2



El Playón

Cerro Blanco

Hoyo de Cuajuste

E2

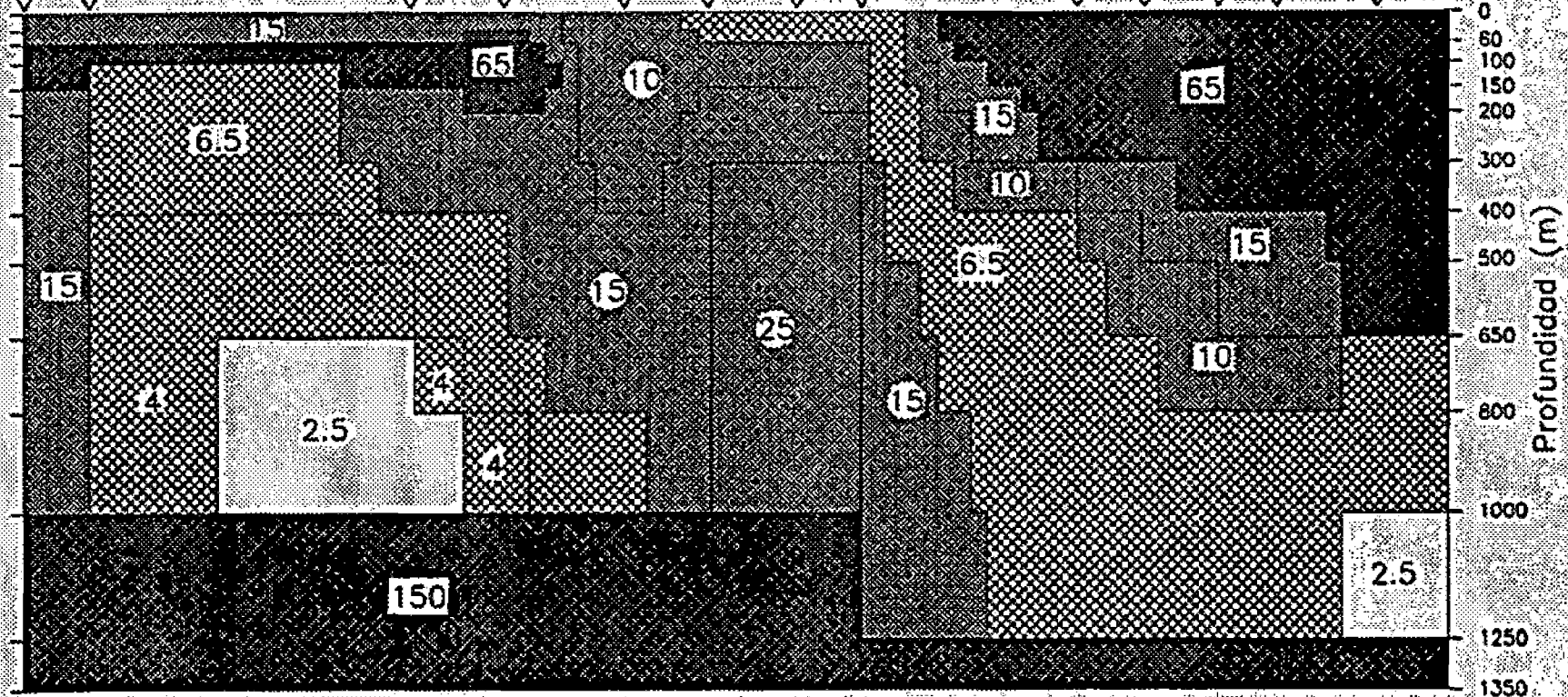
E3

E8

E4

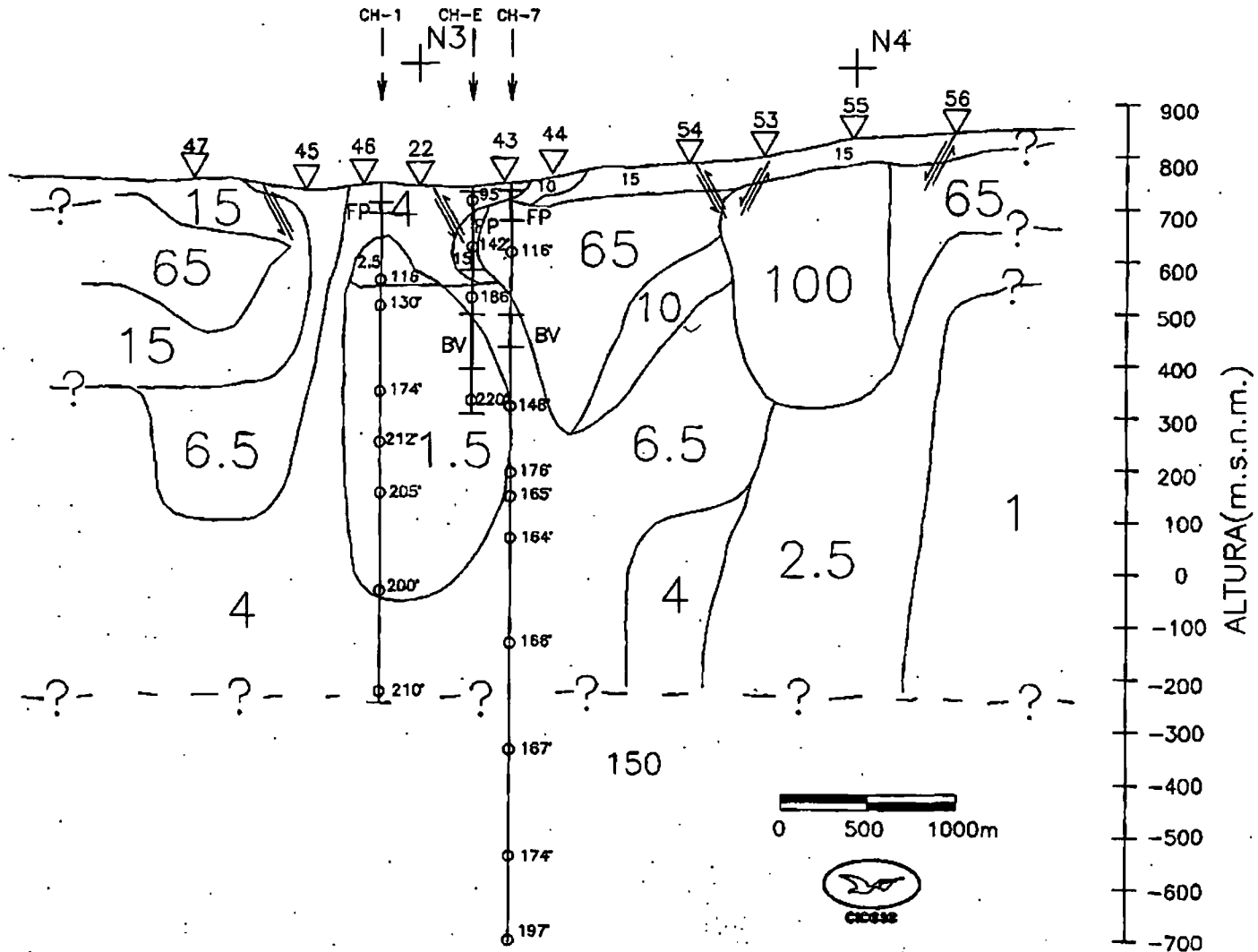
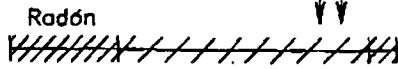


6 5 10 9 12 11 14 13 17 18 16 15 105

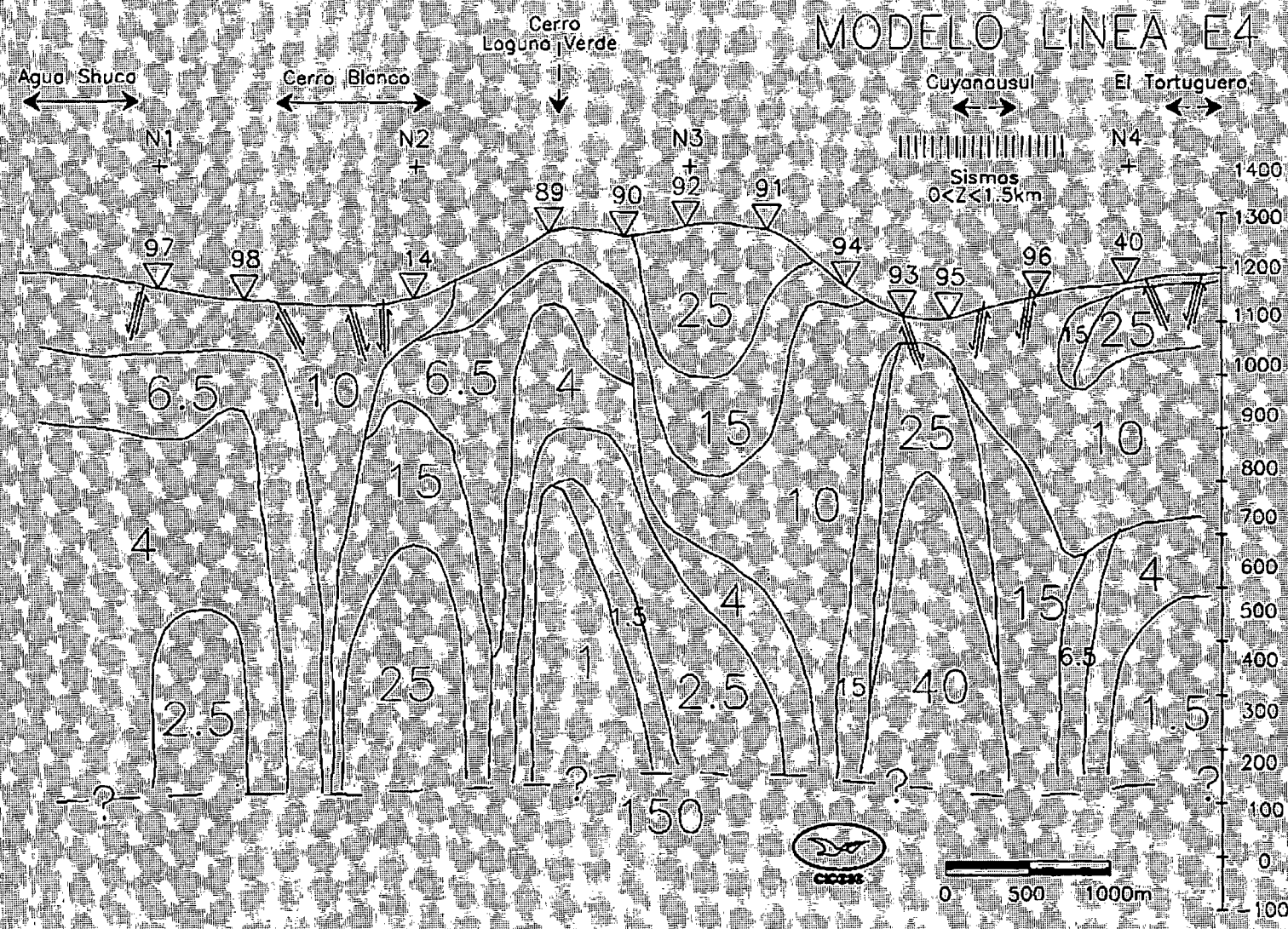


Chipilopa | | La Labor

MODELO 2-D LINEA E1



MODELO LINEA E4



ALTURA (m. s. n. m.)

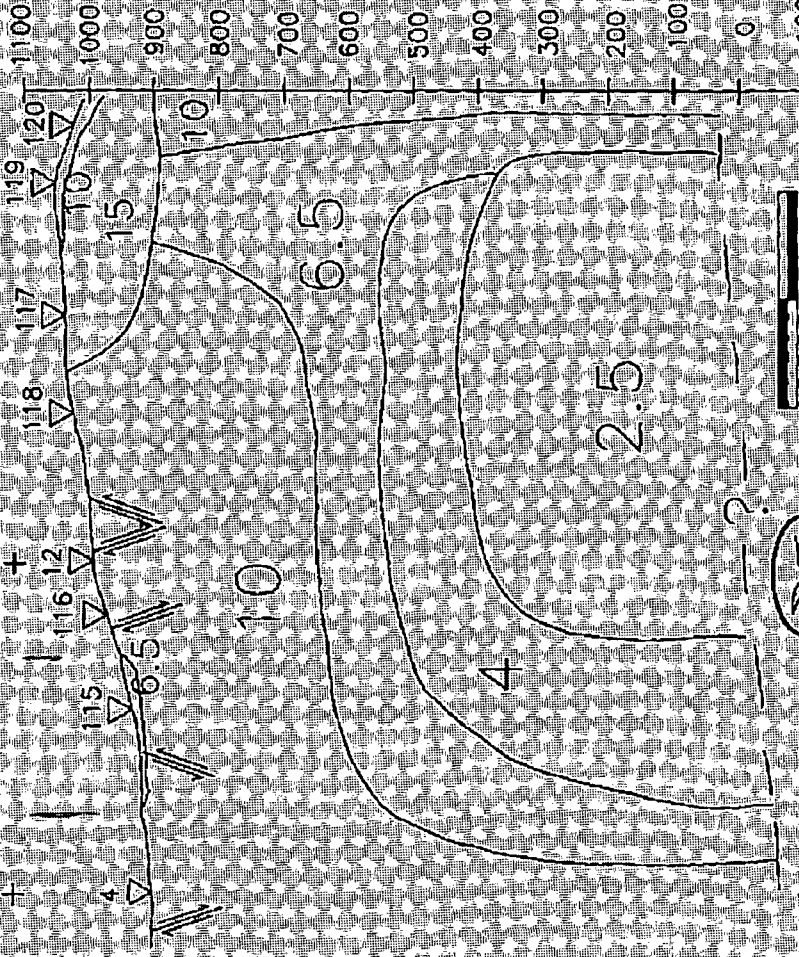
MODELO LINEA E8

Agua Suco

N1

Cerro Blanco

N2



AH-34 AH-33



MODELO 2-D LINEA E3

