

# CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y MODELACIÓN NUMÉRICA DE UN SISTEMA DE FLUJO CON DENSIDAD VARIABLE: SISTEMA HIDROGEOLÓGICO DE LA LAGUNA DE FUENTE DE PIEDRA (MÁLAGA)

## TOMO II



## ANEXOS I a IV

Julio de 2009



## ANEXO I

GEOLOGÍA: columnas litológicas de 8 sondeos de investigación en la cuenca de la Laguna de Fuente de Piedra



## ÍNDICE

Sondeo 1. LOS ARENALES	3
Sondeo 2. LOS PIQUETES.	6
Sondeo 3. BLANCARES.	10
Sondeo 4. LA PLATA.-profundo-	16
Sondeo 5. DESEMBOCADURA ARROYO SANTILLÁN.	21
Sondeo 6. CANTARRANAS.	26
Sondeo 7. LA RATOSA.	30
Sondeo 8. LA SERAFINA.	32

## Sondeo 1. LOS ARENALES

X UTM = 338614

Y UTM = 4108564

Cota (msnm) = 441.80

0-0,90 m:

Arcillas ocre rojizas y arenas con cantos de cuarzo (2-3 cm. Ø) y trozos de costra carbonatada blanquecinos y ocre.

0,90-2,60:

Tramo más arcilloso de color verde-azulado con nódulos calcáreos blanquecinos, cantos dispersos de costra o carbonatos ferruginosos (unos 10 cm. Ø)

2,60-3,75:

Tramo arcilloso de color verdoso y marrón con pocos cantos pequeños

3,75-4,20:

Tramo más arenoso (igual color que el anterior)

4,20-4,65:

Tramo arcillo-arenoso de colores ocre-verdosos con cantos.

4,65-5,85:

Tramo más arcilloso (arcillas verdes y ocre con cantos con alguna pasada más arenosa)

5,85-14:

Dolomías de aspecto brechoide recristalizadas de color marrón oscuro-rojo oscuro ("brecha dolomítica"), fracturadas, poco karstificadas (tamaño hueco disolución 1 cm.). Aspecto de dolomías ferruginosas brechoides (depósitos de hierro rojizos en fracturillas). Fragmentos más rotos y machacados de los metros 6,40-7,15; 8,50-9,80; 12,85-13,90)

14-14,50:

Arcillas poco arenosas plásticas ocre-verdosas

14,50-16-40:

Margas arcillosas de colores ocre y ocre oscuros con cantos calcáreos blanquecinos de hasta 10 cm. Ø. Existen grietas de recristalización ferruginosa. A muro se hacen más arcillosas.

16,40-17,40:

Arcillas plásticas verdes y ocre sin cantos

17,40-18,05:

Margas arcillosas ocre que presentan un "canto calcáreo ocre" de 20 cm. Ø

18,05-22,85:

Arcillas plásticas gris-verdosas con algún canto. Aspecto masivo (salen los testigos completos)

22,85-24,60:

Arcillas arenosas ocre claras que pasan a colores más oscuros-violáceos con cantos negros carbonatados de aspecto brechoide. Existencia de oxidaciones de hierro.

24,60-25,20:

Tramo más arcilloso de color ocre claro con menos cantos negros carbonatados.

25,20-29,70:

Tramo más arcilloso de colores oscuros (gris oscuro-violáceo) masivo con tramos con cantos de carbonato de 5-10 cm. Ø (tramo más oscuro). En el 29,60: pérdida de 20 cm.

29,70-31,80:

Tramo arcillosos de colores más ocre (mismo aspecto que el tramo anterior) pasando a muro a colores más oscuros.

31,80-33:

Tramo arcilloso de color vino oscuro violáceo con restos de yesos recristalizados

33-34,65:

(Cambio de Ø de perforación). Yesos grises y blancos laminados con algún nivel brechificado aumentando hacia la base.

34,65-36,10:

Arcillas grises con niveles de yesos blancos y grises

36,10-38:

Yesos blancos y grises brechificados sin arcillas.

38-39,30:

Arcillas ocre rojizas con yesos abundantes a veces karstificados de color blanco de aspecto brechoide.

39,30-40,80:

Yesos claros grises brechificados sin arcillas y recristalizados

40,80-42,50:

Arcillas rojas con niveles de yesos blancos y grises brechificados.

42,50-49,10:

Arcillas rojas y grises laminadas con yesos sin cantos con algunas fisuras rellenas de yesos cristalizados

49,10-50,10:

Yesos más masivos (no se aprecian laminaciones)

50,10-59,05:

Yesos brechificados de colores grises. (Cantos de varios tamaños versicolores: rojizos de 0,5-10 cm. Ø, de yesos laminados, de limonitas rojizas, más blancos de dolomías algo karstificados.). Existencia de tramos con pasadas más arcillosas rojizas. Pasadas más arcillosas con yesos recristalizados. Pasadas de yesos masivos y yesos brechificados.

59,05-61,65:

Pasada más arcillosa de color gris oscura con más cantos blandos de limolitas y menos yesíferos (brecha de más limolita con cantos oscuros redondeados de 0,5 a 3 cm. Ø y menos yesos).

61,65-66,65:

Brechas más masivas grises claras con abundante yeso masivo con algún canto de limonita. Aspecto más blanquecino con abundantes trozos de yesos de tamaño grande.

66,65-89,90:

Brecha yesífera con cantos redondeados de hasta 10 cm. Ø mayoritariamente de yeso. Color verde oscuro rojizo. Sin estructuras. Grietas rellenas de yesos. No carbonatado. Pasadas más arcillosas que engloban cantos diversos verduscos, marrones y marrones claros de limonitas.



## Sondeo 2. LOS PIQUETES.

X UTM = 341671

Y UTM = 4105363

Cota (msnm) = 428.44

### 0-2,90:

Suelo vegetal (80 cm.). Arcillas de color rojo oscuro con cantos calcáreos (1-2 cm. Ø) y cantos blandos arcillosos de colores verdosos, marrones claros.

### 2,90-3,10:

Arcillas versicolores verdes y rojas con cantitos (pequeño tramo color cagarro)

### 3,10-10,05:

Margas algo arenosas marrones claras con cantos de calcarenitas muy karstificadas de hasta 6 cm. de Ø con oquedades de disolución. Tramo muy homogéneo y masivo. También hay pasadas algo más arcillosas. Probablemente Mioceno.

### 10,05-13,85:

Arcillas margosas de color predominantemente rojo pardo violáceo Burdeos con cantos blandos de colores marrón claro, oscuro, verdosos y también cantos calcáreos karstificados. Existen zonas de aspecto brechoso y otras con cantos subredondeados. Tramo muy homogéneo versicolor.

### 13,85-18,50:

Misma descripción que el tramo anterior pero de color más claro predominando los marrones claros.

### 18,50-20,55:

Tramo arcilloso homogéneo de colores marrones claros con muy pocos cantos.

### 20,55-22,20:

Arcillas margosas con cantos grandes de hasta 10 cm. Ø calcáreos y dolomíticos de tonos claros que suelen presentar karstificación.

### 22,20-23,30:

Arcillas margosas versicolores con cantos de tonos más rojizos y oscuros y cantos blandos (limolitas?) grises, marrones y rojos.

23,30-25,65:

Arcillas marrones claras con pasadas de niveles de cantos de calizas y dolomías marrones. Tramo muy destrozado. Aspecto conglomerático.

25,65-27,30:

Tramo arcilloso marrón claro de aspecto brechoide con cantos blandos de limolitas (negros, grises claros y oscuros, ocre).

27,30-29,65:

Tramo arcilloso de aspecto menos brechificado que el anterior de tonos más claros con cantos blandos ocre de limolitas y algunos calcáreos. Tramo homogéneo masivo arcilloso.

29,65-32,35:

Arcillas con pasadas con cantos de yesos que se hacen más abundantes hacia muro.

32,35-33,80:

Yesos laminados grises oscuros algo karstificados de aspecto masivo con niveles de brechas con cantos blandos de limolitas.

33,80-35,15:

Tramo arcillosos marrón claro y gris oscuro con cantos y yesos que pasan a una brecha yesífera.

35,15-36,25:

Brecha yesífera de cantos verdes ocre, rojos blandos y con cristales de yeso.

36,25-37,05:

Tramo más arcillosos con muchos menos cantos redondeados que pasa a muro hacia más brechificado.

37,05-41,30:

Brecha arcillosa de color marrón claro con poco yeso con tramos de dolomías y cantos calcáreos. Más detrítico y menos yesos (casi ninguno).

41,30-47,70:

Yesos masivos y bandeados de aspecto más compacto en tramos de 60-80 cm. Brecha yesífera de cantos de 1-2 cm. Ø (rojos, grises, verdes) generalmente de limolitas, limolitas arenosas y yesos.

47,70-51,30:

Brecha yesífera de cantos de yeso, limolitas (ocres, verdes, grises, negros) con óxidos de hierro y cantos de dolomías. Empiezan a parecer cantos de distinta naturaleza de mayor tamaño (5-8 cm. Ø). Los tramos basales están más rotos.

51,30-53,85:

Tramo de color marrón más claro con más cantos ocres rojizos de "calcarenitas" (cantos carbonatados) de tamaño grande más desechos hacia la base. Existencia de una "cueva" de 53,25-53,75.

53,85-56,90:

Misma brecha yesífera de colores más grisáceos con más abundancia de yesos aunque existen también cantos carbonatados grandes.

56,90-59,60:

Tramo más masivo de yesos grises claros más laminados (no brecha)

59,60-69,85:

Misma brecha yesífera de color gris oscuro con cantos pequeños y grandes ocres y de yeso. Hacia la base del tramo existencia de yesos masivos bandeados.

69,85-70:

Tramo sólo arcilloso de tránsito hacia dolomías.

70-70,40:

Dolomías negras recristalizadas.

70,40-70,80:

Arcillas marrones

70,80-74,50:

Dolomías negras y grises (muchas pérdidas durante perforación) muy rotas presentando karstificación. Probablemente cantos o brechas dolomíticas en matriz arcillosa). Los últimos 10 cm. es una pasta arcillosa.

74,50-78:

Cantos de dolomías recristalizadas grises, negras y color vino.

78-78,10:

Arcillas con cantos

78,10-81,20:

Pérdida. Cantos de dolomías negras recristalizadas con arcillas más blancas.

81,20-82,90:

Tramo arcilloso color gris oscuro ceniza que pasa a colores rojizos con yesos recristalizados y casi ausencia de cantos.

82,90-83,90:

Arcillas más rojizas con cantos dispersos.

83,90-87,30:

Aumento del contenido en yesos. Brecha yesífera con cantos redondeados rojizos y grises. Más yeso.

87,30-90,15:

Tramo más arcilloso gris con ausencia generalizada de cantos, tan sólo alguno de yeso masivo de gran tamaño.

90,15-92,20:

Yesos masivos laminados alternando con brecha yesífera gris con tramos de yeso masivo de unos 10 cm. de longitud.

92,20-97,15:

Dolomías negras brechificadas de cantos grandes karstificados.

97,15-99,45:

Yeso oscuro masivo bandeado en tramos completos con cristales de yeso.

99,45-100,40:

Más brechificado (brecha yesífera).

### Sondeo 3. BLANCARES.

X UTM = 345378

Y UTM = 4114601

Cota (msnm) = 427.74

#### 0-0,40:

Tierra vegetal

#### 0,40-6:

Margas arenosas a muy arenosas ocre con cantitos negros y algún nivel de calcarenitas y concreciones más blancas carbonatadas. Hacia muro se hace más arcilloso.

#### 6-7,15:

Conglomerados de matriz arcillosa ocre con cantos más redondeados (cantos de arenisca, negros de dolomías y de calizas claras). Tonos ocre y óxidos de hierro.

#### 7,15-8,35:

Arcillas y margas marrones arenosas con cantos, óxidos de hierro y nódulos de carbonatos.

#### 8,35-10,05:

Conglomerados y paraconglomerados en matriz arcillo-arenosa ocre con cantos de caliza, calcarenita, dolomías oscuras (tamaño medio 4 cm. Ø).

#### 10,05-10,65:

Marga arcillosa-arenosa de colores ocre y verdes claros con algún canto disperso.

#### 10,65-12,10:

Margas arcillosas marrones claras y ocre con cantos dispersos de hasta 6 cm. Ø de areniscas y calizas. Nivel conglomerático de unos 10 cm. de espesor.

#### 12,10-14,30:

Tramo más arcilloso de tonos grises-verdosos y menos tonalidades ocre.

#### 14,30-14,75:

Tramo conglomerático de cantos de unos 3 cm. Ø y matriz areno-arcillosa.

14,75-17,10:

Arcillas y margas menos arenosas con matriz ocre-verdosa con cantos violetas y grises. Hacia muro aumentan considerablemente los carbonatados blanquecinos.

17,10-18,05:

Calizas y dolomías muy recristalizadas oquerosas (packstones) con huecos rellenos de arcillas de descalcificación.

18,05-18,25:

Arcillas ocre

18,25-18,60:

Arcillas rojas

18,60-24,20:

Arcillas ocre y grisáceas (tonos más marrones) con cantos pequeños claros y nódulos de carbonatos y cantos de calizas ocre y marrones claros.

24,20-26:

Pérdida de 1,80 m.

26-27,35:

Arcillas oscuras muy plásticas sin cantos.

27,35-28,60:

Limolitas o argilitas pardas oscuras muy compactas con óxidos de hierro.

28,60-28-90:

Yesos claros bandeados

28,90-31,30:

Yesos brechificados

31,30-32,30:

Yesos bandeados más claros.

32,30-32,80:

Arcillas rojas con cantos.

32,80-33,75:

Arcillas verdes y grises con cantos.

33,75-35,20:

Yesos bandeados claros y oscuros con piritas y grietas rellenas de yesos cristalino transparente.

35,20-36,35:

Arcillas grises claras con cantos de yesos.

36,35-37,45:

Yesos masivos bandeados con presencia de piritas.

37,45-40,80:

Arcillas grises claras con algún canto.

40,80-42,15:

Yesos masivos claros poco bandeados.

42,15-43,85:

Yesos y arcillas ocre de aspecto más brechoide en alternancia de yesos y arcillas.

43,85-44,60:

Arcillas rojas sin cantos de yeso.

44,60-48,25:

Arcillas rojas con yesos brechificados y yesos recristalizados en fracturas.

48,25-48,40:

Yesos brechificados.

48,40-51,40:

Arcillas grises oscuras, grises y violáceas y yesos.

51,40-52:

Yesos grises y oscuros.

52-55,05:

Arcillas grises con yesos y pasadas más claras de cantos de limolitas y argilitas.

55,05-55,25:

Yesos masivos bandeados.

55,25-66,80:

Brecha yesífera. Entre 56,10-56,20; 56,60-56,80 y 59-59,15: más bandedado. Entre 59,30-60,20; 63,85-64,15 y 65,70-66: más arcilloso.

66,80-71,25:

Arcillas rojas con poca cantidad de cantos de yeso. Abundantes cantos rojos y grises de limolitas y areniscas duras.

71,25-72,45:

Arcillas rojas y brecha yesífera con pequeños tramos bandeados.

72,45-73,40:

Yesos bandeados y brecha yesífera.

73,40-82:

Brecha y arcillas yesíferas grises. Entre 75,20-76: arcillas rojas y brecha yesífera con cantos de dolomías. Entre 79,25-80,15: brechas con más cantos de yesos.

82-82,90:

Más cantidad de yesos masivos grises oscuros.

82,90-87,35:

Brecha con cantos más detríticos de limolitas negras con más abundancia de yesos entre 85,35-85,80 y 86,40-86,50.



87,35-92,05:

Yeso masivo bandeado gris claro. Entre 88,50-88,70 y 91,45-91,60: brecha yesífera.

92,05-94,20:

Brecha con cantos más angulosos.

94,20-100,45:

Yesos masivos laminados y bandeados. Entre 98,50-98,80: tramo más arcilloso ocre rojizo.

100,45-104,65:

Yesos ¿??? . Bandeados muy finitos de color más claro. Están “mosquedos” con manchas de 2-3 cm. Ø muy oscuras casi negras. Pudieran haber sufrido algo de metamorfismo ¿?.

104,65-108,95:

Yesos masivos bandeados con existencia de yesos brechoide de grandes cantos de tonos grises (dolomías?)

108,95-112:

Aspecto terroso brechoide. No parecen yesos, son más duros. Afectados por procesos de disolución. Se presentan como brechas y como zonas más compactas. Tonos muy oscuros. Yesos o rocas metamórficas o brecha dolomítica ¿??

112-112,90:

Yesos laminados y bandeados masivos grises.

112,90-113,30:

Zonas de manchas en yesos??. “mosqueados”

113,30-114,30:

Yesos bandeados y brechas hacia la base.

114,30-114,95:

Zona muy karstificada. Descripción como el tramo 108,95-112.

114,95-115,55:

Yeso masivo laminado.

115,55-116,75:

Brecha de cantos de yeso.

116,75-119,20:

Yesos más masivos blanquecinos y también brechoides.

119,20-120:

Más arcilloso y brechoide.

#### Sondeo 4. LA PLATA.-profundo-

X UTM = 343184

Y UTM = 4106768

Cota (msnm) = 411.09

##### 0-5 m.:

Triple batería

##### 5-6,80:

Arcillas muy plásticas de color carne algo arenosas con algún cantito. A 6,80 m. se presenta un nivel centimétrico de calcarenitas (mioceno o postmioceno).

##### 6,80-7,30:

Además margas

##### 7,30-12,90:

Margas arcillosas marrones con cantos de calcarenitas y parece que en nivelillos. A partir de aquí empiezan los colores más violáceos. A 8,80 m. hay un nivel de microconglomerados.

##### 12,90-22,20:

Arcillas y margas de color carne anaranjado con cantos de 0,5 a 3-4 cm. Ø. Cantos de limolitas y calizas rojas y grises. Existencia de nivelillos de areniscas calcáreas. Se distingue del siguiente tramo exclusivamente por el color.

##### 22,20-25,45:

Arcillas rojas muy plásticas con cantos de unos 3 cm. Ø de calizas, dolomías, limolitas.

##### 25,45-29,35:

Arcillas rojas muy plásticas con menor presencia de cantos (alguno de limolitas). Tramo compacto y homogéneo.

##### 29,35-30,55:

Arcillas menos rojizas con más cantos de tonos más pardos.

##### 30,55-31,55:

Pérdida

31,55-32,25:

Ha perdido 0,35 m. Lo que quedan son muchos cantos angulosos y redondeados de limolitas rojas y verdes de hasta 6 cm. Ø aunque el tamaño medio es de 3 cm.

32,25-36,55:

Arcillas pardo-rojizas y marrones con cantos de dolomías, limolitas y areniscas.

36,55-38,65:

Recuperación de sólo 10 cm. Y son cantos de limolitas rojas incluidas en una pasta arcillosa.

38,65-44,80:

Arcillas rojas y ocre con cantos grandes rojos, verdes, violetas de limolitas y dolomías redondeados y a veces angulosos.

44,80-45,40:

Yesos masivos grises.

45,40-45,90:

Yesos más brechificados.

45,90-46,45:

Yesos con laminación muy fina.

46,45-48,15:

Yesos más claros masivos grises recristalizados.

48,15-48,45:

Yesos laminados o bandeados.

48,45-50,75:

Dolomía negras brechificadas muy karstificadas y con venitas y fracturillas rellenas de yeso. Duras y muy oscuras (negras).

50,75-53,20:

Yesos masivos grises.

53,20-53,90:

Yeso algo bandeado.

53,90-55,25:

Yesos masivos grises con tramos brechificados.

55,25-55,85:

Dolomías negras brechificadas y karstificadas con yesos en fracturas.

55,85-59,60:

Yesos bastante masivos y bandeados con algún nivel pequeño de brechas.

59,60-61:

Brecha dolomítica en yesos (cantos de dolomías)

61-62,95:

Yesos oscuros más masivos y bandeados.

62,95-63,25:

Brecha dolomítica en yesos muy oscuros.

63,25-63,85:

Yeso laminado bandeado

63,85-64,05:

"fractura" rellena de de yeso cristalino de recristalización.

64,05-65,10:

Yesos masivos oscuros.

65,10-65,20:

Yesos cristalinos blancos de relleno.

65,20-67,80:

Yesos masivos algo laminados con rellenos de yesos blancos de recristalización.

67,80-68,80:

Yesos brechoide con cantos. En el tramo 68,10-68,30: yesos bandeados.

68,80-69,80:

Yesos laminados gris-oscuros.

69,80-70,20:

Brecha dolomítica con menos matriz yesífera. Tramo muy duro. Yeso recristalizado en fisuras.

70,20-71,40:

Brecha dolomítica en matriz yesífera.

71,40-75,95:

Yeso masivo laminado oscuro. "Donde hay yeso cristalino transparente relleno de huecos es brecha, no yeso masivo."

75,95-78,50:

Brecha dolomítica con yeso cristal transparente en las fisuras de hasta 5 cm. de relleno.

78,50-79,55:

Yesos más laminados sin fisuras.

79,55-79,90:

Brecha con yeso cristalino de 10 cm. de longitud.

79,90-81,65:

Yeso más masivo y laminado.

81,65-81,95:

Yeso transparente de recristalización.

81,95-82,15:

Brecha

82,15-82,45:

Yeso transparente

82,45-85,25:

Yeso más masivo y a veces laminado.

85,25-85,60:

Brecha yesífera con cantos de dolomías pero fundamentalmente yesos.

85,60-86,30:

Brecha con mayor contenido en dolomías negras muy karstificadas.

86,30-87,95:

Brecha. De **87,30-87,45**: yeso transparente recristalizado.

87,95-90:

Yeso laminado blanco y negro con yeso cristalino de **89,70-89,80**.

## Sondeo 5. DESEMBOCADURA ARROYO SANTILLÁN.

X UTM = 344826

Y UTM = 4111407

Cota (msnm) = 410.26

### 0-11,40:

Triple batería (0-5: limos lagunares blancos; 5-7: limos margosos blancos; 7-9,20: limos margosos grises; 9,20-11,40: limos y margas con bastantes óxidos de hierro.

### 11,40-11,80:

Cristales de yesos.

### 11,80-13:

Limos margosos grises con arenas y cantos pequeños.

### 13-13,60:

Yesos diagenéticos ¿?

### 13,60-13,70:

Limos a arcillas margosas

### 13,70-13,85:

Yesos diagenéticos

### 13,85-15,10:

Margas arcillosas con cantos blanditos de color blanquecino y aspecto terroso.

### 15,10-26,25:

Margas arcillosas ocre-marrón muy homogéneas con pocos cantos.

### 26,25-26,85:

Tramo más arenoso de grano fino y limos ocre marrones.

### 26,85-30,60:

Margas arcillosas ocre más rojizas con cantos subredondeados de dolomías negras.



30,60-31:

Arcillas y margas ocre sin cantos.

31-32,25:

Brecha arcillo-margosa con cantos rojos, grises, marrones de tamaño medio de 2 cm. Ø

32,25-32-55:

Calcarenita muy oquerosa karstificada.

32,55-32,65:

Yeso diagenético ¿?

32,65-34,60:

Caliza o calcarenita muy oquerosa karstificada.

34,60-36,60:

Brecha arcillosa de cantos rojizos con poco matriz. Pérdida de 1,35 m.

36,60-38,30:

Calizas oquerosas ("calizas en brecha como canto ¿???). Pérdida de 1,40 m.

38,30-41,30:

Con 1,80 m. de pérdidas. Arcillas muy arenosas con cantos de colores rojizos, marrones claros y verdes.

41,30-44,30:

Arcillas con muchos cantos de 1-2 cm. Ø de carbonatos rojos y negros (de todos los colores). Tramo muy compacto y homogéneo. No se observa ningún tipo de granoselección de los cantos. Existen pérdidas de 1,70 m.

44,30-49,30:

Arcillas con cantos de aspecto brechificado de hasta 10 cm. Ø de dolomías y limolitas de colores negros, rojizos, color marrón claro y oscuro.

49,30-50,30:

Tramo más claro ocre y más carbonatado y duro (canto calizo ¿???)

50,30-52,70:

Brecha arcillosa y algo margosa rojiza, marrón con cantos diversos ocre, negros, rojos con bastante matriz arcillosa.

52,70-53:

Tramo carbonatado gris (caliza brechoide)

53-55,25:

Brecha con cantos.

55,25-57,50:

Brecha roja con cantos más pequeños englobados en matriz arcillosa.

57,50-59,90:

Con menos cantos, mucho más arcilloso.

59,90-62,60:

Tramo gris más limosos. Hay una pérdida de 1,30 m.

62,60-63,30:

Tramo carbonatado formado por calizas brechificadas grises oscuras oquerosas.

63,30-66,35:

Yesos brechificados con cantos de dolomías ¿?

66,35-67,45:

Tramo más arcilloso rojo con intercalaciones de yesos recristalizados.

67,45-68:

Tramo de yesos brechificados.

68-70:

Arcillas rojas con intercalaciones de yesos recristalizados.

70-71,20:

Brechas con matriz arcillosa muy oscuras casi negras.

71,20-73:

Brechas con menos arcillas y más cantos negros.

73-73,60:

Yesos más masivos y laminados

73,60-74,45:

Brecha arcillosa (hacia muro más arcillosa)

74,45-74,95:

Canto de dolomías en brechas.

74,95-75,25:

Tramo más arcilloso negro con brechas.

75,25-75,75:

Yeso masivo y laminado

75,75-77,45:

Brecha con cantos de dolomías grises y yesos.

77,45-78,70:

Más existencia de dolomías grises y oscuras con recristalizaciones.

78,70-80,55:

Brechas que hacia muro presentan más yesos y hacia techo más arcillas.

80,55-95,80:

Yesos principalmente masivos laminados claros con presencia de pasadas más brechificadas en: 82-82,80; 83,70-84,60; 86-86,45; 87-87,20; 87,50-87,60. Hacia muro van a pareciendo más pasadas arcillosas rojas de 1-2 cm. de espesor.

95,80-98,50:

Brechas de cantos variados con pasadas arcillosas ocre y rojas.

98,50-101,70:

Arcillas rojas con yesos recristalizados y cantos de brechas grises. Los últimos 10 cm. Son brechas grises.

## Sondeo 6. CANTARRANAS.

X UTM = 340750

Y UTM = 4108217

Cota (msnm) = 414.84

0-7:

Triple batería

7-9,15:

Marga limo-arcillosa blancas muy desechas.

9,15-12,10:

Margas más grisáceas.

12,10-14,50:

Margas blancas con algún canto ocre de calcarenita.

14,50-16,60:

Margas blancas de tonos algo rojizos.

16,60-18,50:

Margas ocre compactas

18,50-19:

Margas arenosas de grano fino casi arenas finas en matriz margosa

19-20:

Margas de color más blanquecino

20-22:

Margas ocre

22-22,70:

Margas mucho más arenosas con cantos

22,70-26,20:

Margas de color grisáceo claro con poca arena

26,20-27,30:

Margas arenosas oscuras de color negro con cantos y yesos.

27,30-29,60:

Margas poco arenosas de color gris claro

29,60-30,20:

Margas algo arenosas de color gris claro sin cantos.

30,20-33,50:

Margas poco arenosas de color marrón con cantos de yesos cristalizados.

33,50-34:

Tramo margoso más arenoso.

34-35,90:

Tramo margoso muy poco arenoso de tonos grises oscuros.

35,90-37,80:

Margas muy arenosas blancas con cantos de Q, y de colores verdes, ocre etc. de 0,3 y 0,5 mm y hasta 0,5 cm de Ø

37,80-40,40:

Tramo más margoso oscuro sin arenas

40,40-45:

Tramo algo más arenoso con pocos cantos de color ocre y jacintos.

45-46,80:

Margas con menos cantos y más blanquecinos.

46,80-51,70:

Margas más marrones con cantos y algo más arenosas y con presencia de óxidos de Fe de alteración. Hacia muro presentan más cantos grisáceos y blanquecinos de carbonatos.

51,70-55,40:

Arcillas rojas limosas sin cantos

55,40-56,30:

Arcillas rojas margosas (o margas arcillosas) con cantos carbonatados blanquecinos.

56,30-59,75:

Arcillas (pueden ser margas algo arenosas) menos rojizas y más blanquecinas con más cantos carbonatados

59,75-60,45:

Microconglomerado arenoso con cantos negros de 0,5 cm de Ø y de hasta 2-3 cm de carbonatos y Q.

60,45-61,50:

Tramo algo más arenoso de color ocre

61,50-62,70:

Tramo más arcilloso de colores rojizos con arenas y sin cantos.

62,70-64,40:

Tramo más arcilloso con escasos cantos de carbonatos más rojizos.

64,40-66:

Tramo más arenoso de grano fino de colores ocre con algún canto disperso.

66-69:

Arcillas rojas con niveles de conglomerados con cantos de Q y carbonatos de hasta 5 cm de Ø.

69-69,70:

Nivel arcilloso rojo con cantos dispersos.

69,70-70,40:

Tramo arcilloso margoso de colores más pardos con cantos dispersos de carbonatos.

70,40-71,60:

Arcillas margosas con cantos carbonatados grandes y jacintos de Compostela.

71,60-72,40:

Arcillas margosas con cantos carbonatados

72,40-74,20:

Tramo más arcilloso de colores rojizos sin cantos.

74,20-75,60:

Arcillas margosas con cantos carbonatados

75,60-77,10:

Arcillas arenosas margosas de tonos anaranjados

77,10-77,60:

Tramo arcillo-margoso de tonos más claros con pocos cantos.

77,60-80:

Arcillas margosas con algún canto de 2 cm de Ø con presencia de una pasada más arenosa de 79,50 a 79,60 m.



**Sondeo nº 7. LA RATOSA.**

X UTM = 348848

Y UTM = 4118572

Cota (msnm) = 450.26

0-3:

Triple batería

3-3,60:

Arcillas poco margosas ocre y blancas de tonos amarillentos con presencia de óxidos de Fe.

3,60-4,60:

Arcillas de colores blanquecinas y amarillentas con cantos carbonatados con menos óxidos de Fe.

4,60-4,80

Arenas de grano fino de color blanco-amarillentas

4,80-5,70:

Tramo arcilloso algo margoso de colores amarillentos y blanquecinos sin cantos

5,70-6:

Arcillas con abundantes cantos de 2 cm de Ø

6-9,60:

Arcillas margosas ocre con cantos y jacintos. Los cantos son de tamaño arena gruesa 2-4 mm Ø. Existencia de pasadas más arenosas de cantos carbonatados.

9,60-10,60:

Arcillas con cantos grandes de 2-3 cm Ø blancos de calizas, dolomías negras y yesos. En la base hay una pasada de 20 cm de un conglomerado carbonatado blanco.

10,60-15,20:

Arcillas con abundantes cantos de yesos, carbonatos, sílex, de colores claros de tamaño arena y de hasta 5 cm Ø. Aspecto brechoso de color pardo.

15,20-24,50:

Margas blancas de aspecto terroso. A los 23,40 existe un estrecho nivel de cantos de 2 cm Ø

24,50-60,80:

Calizas margosas grises de grano fino (wackestones y packestones). Tramo de aspecto muy masivo sin karstificación. Se pueden advertir las siguientes características:

- en el metro 30 existe una grieta de 2 cm de anchura rellena de cristales de yeso.
- En el metro **36,50** textura wackestone
- En **39**: textura packestone fina
- En **46,30**: pasada de 10 cm. más margosa
- En **48,70; 49,85; 54; 56**: pasadas más margosas
- De **58,60-59,20**: pasada más margosa

60,80-62,20:

tramo más compacto de dolomías negras (menos calcáreo)

62,20-80:

Calizas margosas grises de grano fino. Se diferencian:

- en el **70**: pasada de 20 cm más margosa
- del **71,35-71,95**: arenas blancas.

**Sondeo nº 8. LA SERAFINA.**

X UTM = 347634      Y UTM = 4116527      Cota (msnm) = 438.24

0-6,10:

Triple batería

6,10-8:

Arcillas rojas con pocos cantos de carbonatos

8-9,25:

Arcillas rojas con cantos de calcarenitas y cantos negros.

9,25-17,85:

Arcillas margosas de colores rojos y ocre de aspecto conglomerático con cantos y niveles de conglomerados con cantos carbonatados, pasadas centimétricas de calcarenitas y cantos negros de dolomías.

17,85-19,90:

Arcillas margosas blanquecinas y ocre

19,90-24,90:

Margas arcillosas de color amarillento claro

24,90-25:

Cantos carbonáticos (conglomerado?)

25-26,90:

Margas blanquecinas compactas algo nodulosas sin cantos

26,90-29,20:

Margas verdes (diferente tonalidad que las anteriores)

29,20-34,70:

Margas grises masivas "esquistosadas" (fracturación como en superficies planas de esquistosidad en pizarras)

34,70-35,90:

Margas arcillosas "esquistosadas" rojas sin cantos

35,90-36,10:

Margas blancas nodulosas

36,10-38,20:

Margas rojas "esquistosadas" desechas. Del 37,80 al 38: margo calizas blancas.

38,20-41,30:

Margas negras con algún canto.

41,30-81,80: (problemas de recuperación de testigo durante la perforación, se quedaron aquí y seguirían a tricono)

Calizas margosas compactas y margocalizas negras "esquistosadas" con planos de fracturación con recristalizaciones de calcita en fisuras.

Tramos más "esquistosados" (rotos):

53,30-56

57-59,80

61-62,20

65,20-67,25

68,75-81,80:

Tramo más margoso-arcilloso más machacado y roto. Al final algo más arcilloso.





## ANEXO II

- GEOLOGÍA:
- a- Informe: Realización de ocho sondeos de investigación hidrogeológica en la cuenca de Fuente de Piedra (Málaga)
  - b- Informe: Realización de dos sondeos de investigación hidrogeológica y la toma de muestras de sedimentos cuaternarios lagunares para la ejecución de estudios paleoclimáticos, en la cuenca de Fuente de Piedra (Málaga)







***REALIZACIÓN DE OCHO SONDEOS DE INVESTIGACIÓN  
HIDROGEOLÓGICA EN LA CUENCA DE FUENTE DE PIEDRA  
(MÁLAGA)***

***FEBRERO 2007***

**CGS**

■■■■■  
Av. de Bruselas 7  
28108 Alcobendas (Madrid)  
Tel. 914 902 410 - Fax 916 624 296

[cgs@cgsondeos.com](mailto:cgs@cgsondeos.com)

**REALIZACIÓN DE OCHO SONDEOS DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA  
EN LA CUENCA DE FUENTE DE PIEDRA (MÁLAGA)**

<b>1</b>	<b>ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>PIEZÓMETROS DE CONTROL.....</b>	<b>2</b>
2.1	SONDEOS FUENTE DE PIEDRA. COLUMNAS LITOLÓGICAS .....	6
2.2	TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA .....	18
<b>3</b>	<b>TRABAJO REALIZADO.....</b>	<b>19</b>
3.1	SONDAS UTILIZADAS.....	21
3.1.1	CALIBRACIÓN DE LA Sonda 9042 .....	21
3.1.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS .....	22
3.2	PROCESADO DE DATOS.....	25
3.2.1	REGISTROS GEOFÍSICOS.....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>26</b>

## 1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El objetivo principal del Proyecto “CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE UN SISTEMA DE FLUJO CON DENSIDAD VARIABLE E INCIDENCIA EN LA GESTIÓN HÍDRICA: SISTEMA HIDROGEOLÓGICO DE LA LAGUNA DE FUENTE DE PIEDRA”, es ampliar y mejorar el conocimiento existente sobre el funcionamiento hidrogeológico e hidroquímico del sistema acuífero-zona húmeda de Fuente de Piedra y optimizar las necesidades ambientales para la conservación del humedal.

Se quiere obtener la secuencia litológica precisa en los puntos indicados en el proyecto, identificar los tramos acuíferos, determinar el nivel o niveles piezométricos, las características hidroquímicas del agua y las constantes hidrodinámicas del acuífero. Para ello se ha programado la campaña de sondeos de rotación a testigo que posteriormente se deben ensanchar y dejarlos como pozos.

Una vez terminadas las perforaciones, éstas permanecerán como puntos de control piezométrico e hidroquímico.

## 2 PIEZÓMETROS DE CONTROL

Se han realizado un total de nueve piezómetros de control para el registro de la calidad de las aguas subterráneas y la medida del nivel piezométrico. Se han situado en 8 emplazamientos diferente (Figura nº 1), a profundidades comprendidas entre los 25 y los 130 m.

En una primera fase, de investigación, se realizaron 8 perforaciones a testigo continuo, una por cada emplazamiento. Los primeros metros de cada sondeo fueron extraídos con triple tubo, de forma que el testigo no se alterara con las paredes del sondeo y poder estudiar la flora y la fauna de ese tramo completamente inalterado. La recuperación fue del 100% en todos los casos. En el anexo final de fotos se incluye una de un triple tubo recién extraído.

A partir del análisis de las columnas litológicas se determinó la ejecución de un piezómetro por emplazamiento ensanchando el sondeo a testigo con un tricono de 6 1/4” con el objeto de poder caracterizar niveles permeables distintos. Se entubaron con tubería especial de 110 X 100, se limpiaron hasta la salida de agua limpia, se engravillaron y se les colocó una tapa de pozo.

En La Serafina se perforó un sondeo de 42 metros a tricono que hubo que abandonar. Es el Sondeo La Serafina – 2.

En todos los sondeos se hicieron registros de testificación geofísica para completar la información de las zonas de aporte de agua y poder situar los filtros en los tramos de entrada de la misma.

Estos piezómetros se identifican con los nombres de las localizaciones y un cardinal que va del 1 al 10.

A continuación se hace un resumen de los trabajos desarrollados y las incidencias habidas en cada uno de los sondeos perforados:

#### Sondeo -1 Los Arenales La Cabreriza

Se comenzó la perforación el 14 de diciembre con un diámetro de 116T6, perforándose con facilidad hasta los 23,65 m en que comienzan las margas obligando a realizar maniobras cortas. A continuación se entuba con 113X104 hasta los 33 m y se comienza la perforación con HQ diámetro que se mantiene hasta los 89,90 m en que finaliza el sondeo.

La perforación para ensanchar y entubar comenzó el 16 de junio. Se ensacharon los tres primeros metros con tricono de 12", se entubó con hierro y se cementó.

El resto de la perforación se hizo con 7½" con bastantes dificultades debidas a que las margas embozaban el tricono y cerraban el sondeo por lo que, cada vez que se sacaba la maniobra para limpiar el tricono, había que bajar limpiando varios metros.

La profundidad final del sondeo es de 118 m pudiendo entubarse con PVC hasta los 101 m. El sondeo quedo engravillado y limpio el día 24 de junio

#### Sondeo -2 Los Piquetes

Se comenzó la perforación el 11 de enero.

El sondeo comienza en calizas y arcillas pasando a margas y areniscas con algunos niveles de yeso. A 52 m se producen perdidas de lodos, momento en el cual comienza a complicarse la perforación. A partir de 78 m el sondeo se colapsa impidiendo llegar a fondo, cada vez que se saca la maniobra hay que limpiar unos 9 – 15 m de sondeo. El sondeo finaliza a los 100,40 m.

El diámetro de perforación, salvo en los primeros metros, fue de HQ.

El ensanche se inicia el día 26 de junio. Se recrece con tricono de 7 5/4" hasta 3 m, se entuba y cementa para continuar recreciendo con 6 ¾" hasta 110 m, se entuba con PVC se engravilla y limpia, finalizando los trabajos el día 29 de junio.

#### Sondeo – 3 Blancares

Comenzó la perforación el 31 de enero.

El sondeo se perfora, inicialmente en margas y yesos, pasando progresivamente a yesos. Este sondeo no presentó ningún problema de perforación.

El diámetro utilizado fue HQ, quedando finalizado en 120 m.

Los trabajos de ensanchar y entubar el sondeo comenzaron el 24 de mayo.

Se perforaron hasta los 3 metros con 12", entubando y cementando el emboquille.

A continuación se perfora con tricono de 6 ¼", durante el proceso de ensanche, a partir de 32,5 m, se presentaron problemas de embozado de tricono y derrumbe de las paredes del sondeo, lo que obligó a sacar constantemente la maniobra para limpiar el tricono y a bajar limpiando.

El sondeo se termina, inicialmente, en 128,8 m quedando entubado con 111 m de PVC. Se vuelve a sacar el PVC y se continua la perforación con tricono de 6 ¼" hasta los 140 m quedando entubado con 120 m de PVC, engravillado y limpio el día 14 de junio.

#### Sondeo – 4 La Plata

Se comenzó la campaña en este sondeo. La perforación se inició el 15 de febrero.

La perforación no dio demasiados problemas comenzando con arcillas arenosas que van enriqueciéndose progresivamente en yesos, el sondeo termina en yeso.

El diámetro de perforación fue HQ y la profundidad final de 90 metros.

Se terminó el sondeo el 22 de febrero.

Las obras de ensanchar el sondeo para entubarlo comenzaron el 26 de junio.

Se acabó en cinco días, presentando pocos problemas. La profundidad final es de 95,30 m entubándose con PVC, engravillar y limpiar. El sondeo queda terminado el día 30 de junio.

#### Sondeo – 5 La Ratosa

Se comenzó la perforación el 16 de febrero, con algunos días de retraso por fuertes precipitaciones.

Prácticamente todo el sondeo corta arcillas blancas finalizando a los 80,2 m en margas con niveles de gravas, estas arcillas obligan a realizar maniobras cortas.

Se terminó en HQ a 80,2 m.

Los trabajos de ensanche del sondeo comienzan el día 30 de junio. Se reperforan 3 m con tricono de 7 ½", se entuba y cementa, a continuación se reperfora con tricono de 6 ¾" hasta 92 m, procediéndose a entubar con PVC, engravillar y limpiar el pozo. El sondeo se finaliza el día 4 de julio

#### Sondeo – 6 Cantarranas

Comenzaron los trabajos el 24 de febrero.

La perforación no presenta ningún problema. El diámetro de perforación fue HQ. La profundidad final fue 80 metros.

Se acabó este sondeo el 3 de marzo.

Los trabajos de ensanchar y entubar comenzaron el 21 de abril.

Se reperforó con 12" hasta 3 m entubando y cementando el emboquille. El resto del sondeo se ensanchar con 6 1/4" hasta 83,5 m. Se manda parar

#### Sondeo – 7 Arroyo Santillán

Se comienza la perforación el 28 de febrero.

Se perforan yesos alcanzando una profundidad de 101,7 m. Se perforó con HQ sin ninguna incidencia.

Las operaciones de ensanche del pozo se inician el día 13 de junio, perforando 3 m con tricono de 12 1/2", entubando y cementando el emboquille. A continuación se perfora con 6 1/4" hasta 120 m dejando el sondeo entubado con PVC, engrabillado y limpio el día 15 de junio.

#### Sondeo 8 La Serafina

Se inicia el sondeo el día 14 de marzo.

El sondeo se perforó bien hasta los 32 m en este momento hay que limpiar constantemente el sondeo cada vez que se saca la maniobra, se intenta entubar el sondeo con HQ rompiéndose una varilla durante el proceso, finalmente el sondeo queda entubado con HQ entrándose a cortar con NQ, esto no soluciona los problemas de relleno del pozo, lo que obliga a perforar con NQ y reperforar con HQ. A los 98,55 m se rompe una varilla de NQ dando el sondeo por finalizado en 98,55 m

El ensanche se inicia el día 19 de junio al lado del sondeo inicial, perforándose los tres primeros metros con tricono de 12" entubando y cementando el emboquille. Se continua con tricono de 6 1/4" hasta finalizar el sondeo a 85 m, se entuba con PVC y se engravilla, finalmente se limpia con agua, quedando el sondeo finalizado el día 25 de junio.

#### Sondeo 9 La Serafina - 2

Se perfora con tricono de 6 3/4" hasta una profundidad de 42 m

#### Sondeo 10 La Serafina - 9

Los trabajos de perforación se inician el día 3 de julio, perforándose 3 m con tricono de 12" entubando y cementando. A continuación se perfora con tricono de 6 1/4" hasta 29,10 m entubando con PVC engravillando y limpiando el sondeo. Los trabajos finalizan el día 4 de julio

## 2.1 SONDEOS FUENTE DE PIEDRA. COLUMNAS LITOLÓGICAS (A. G. DE DOMINGO Y J. M. RUIZ – IGME)

### Sondeo 1. LOS ARENALES La Cabreriza - 2

X UTM = 338614      Y UTM = 4108564      Cota (msnm) = 440

- 0-0,90 m:** Arcillas ocre rojizas y arenas con cantos de cuarzo (2-3 cm Ø) y trozos de costra carbonatada blanquecinos y ocre.
- 0,90-2,60:** Tramo más arcilloso de color verde-azulado con nódulos calcáreos blanquecinos, cantos dispersos de costra o carbonatos ferruginosos (unos 10 cm Ø)
- 2,60-3,75:** Tramo arcilloso de color verdoso y marrón con pocos cantos pequeños
- 3,75-4,20:** Tramo más arenoso (igual color que el anterior)
- 4,20-4,65:** Tramo arcillo-arenoso de colores ocre-verdosos con cantos.
- 4,65-5,85:** Tramo más arcilloso (arcillas verdes y ocre con cantos con alguna pasada más arenosa)
- 5,85-14:** Dolomías de aspecto brechoide recrystalizadas de color marrón oscuro-rojo oscuro (“brecha dolomítica”), fracturadas, poco karstificadas (tamaño hueco disolución 1 cm). Aspecto de dolomías ferruginosas brechoides (depósitos de hierro rojizos en fracturillas). Fragmentos más rotos y machacados de los metros 6,40-7,15; 8,50-9,80; 12,85-13,90)
- 14-14,50:** Arcillas poco arenosas plásticas ocre-verdosas
- 14,50-16-40:** Margas arcillosas de colores ocre y ocre oscuros con cantos calcáreos blanquecinos de hasta 10 cm Ø. Existen grietas de recrystalización ferruginosa. A muro se hacen más arcillosas.
- 16,40-17-40:** Arcillas plásticas verdes y ocre sin cantos
- 17,40-18,05:** Margas arcillosas ocre que presentan un “canto calcáreo ocre” de 20 cm Ø
- 18,05-22,85:** Arcillas plásticas gris-verdosas con algún canto. Aspecto masivo (salen los testigos completos)
- 22,85-24,60:** Arcillas arenosas ocre claras que pasan a colores más oscuros-violáceos con cantos negros carbonatados de aspecto brechoide. Existencia de oxidaciones de hierro.
- 24,60-25,20:** Tramo más arcilloso de color ocre claro con menos cantos negros carbonatados.
- 25,20-29,70:** Tramo más arcilloso de colores oscuros (gris oscuro-violáceo) masivo con tramos con cantos de carbonato de 5-10 cm Ø (tramo más oscuro). En el 29,60: pérdida de 20 cm
- 29,70-31,80:** Tramo arcillosos de colores más ocre (mismo aspecto que el tramo anterior) pasando a muro a colores más oscuros.
- 31,80-33:** Tramo arcilloso de color vino oscuro violáceo con restos de yesos recrystalizados
- 33-34,65:** (Cambio de Ø de perforación). Yesos grises y blancos laminados con algún nivel brechificado aumentando hacia la base.
- 34,65-36,10:** Arcillas grises con niveles de yesos blancos y grises
- 36,10-38:** Yesos blancos y grises brechificados sin arcillas.



- 38-39,30:** Arcillas ocre rojizas con yesos abundantes a veces karstificados de color blanco de aspecto brechoide.
- 39,30-40,80:** Yesos claros grises brechificados sin arcillas y recristalizados
- 40,80-42,50:** Arcillas rojas con niveles de yesos blancos y grises brechificados.
- 42,50-49,10:** Arcillas rojas y grises laminadas con yesos sin cantos con algunas fisuras rellenas de yesos cristalizados
- 49,10-50,10:** Yesos más masivos (no se aprecian laminaciones).
- 50,10-59,05:** Yesos brechificados de colores grises. (Cantos de varios tamaños versicolores: rojizos de 0,5-10 cm Ø, de yesos laminados, de limonitas rojizas, más blancos de dolomías algo karstificados.). Existencia de tramos con pasadas más arcillosas rojizas. Pasadas más arcillosas con yesos recristalizados. Pasadas de yesos masivos y yesos brechificados.
- 59,05-61,65:** Pasada más arcillosa de color gris oscura con más cantos blandos de limolitas y menos yesíferos (brecha de más limolita con cantos oscuros redondeados de 0,5 a 3 cm Ø y menos yesos).
- 61,65-66,65:** Brechas más masivas grises claras con abundante yeso masivo con algún canto de limonita. Aspecto más blanquecino con abundantes trozos de yesos de tamaño grande.
- 66,65-89,90:** Brecha yesífera con cantos redondeados de hasta 10 cm Ø mayoritariamente de yeso. Color verde oscuro rojizo. Sin estructuras. Grietas rellenas de yesos. No carbonatado. Pasadas más arcillosas que engloban cantos diversos verduzcos, marrones y marrones claros de limonitas.
- Tramo de mayor abundancia de yesos:** 74,90-75,60; 80,65-81,15.
- Tramo de más arcillas rojizas:** 82,70-83,70.

## Sondeo 2. LOS PIQUETES

X UTM = 341671      Y UTM = 4105363      Cota (msnm) = 430

- 0-2,90:** Suelo vegetal (80 cm). Arcillas de color rojo oscuro con cantos calcáreos (1-2 cm Ø) y cantos blandos arcillosos de colores verdosos, marrones claros.
- 2,90-3,10:** Arcillas versicolores verdes y rojas con cantitos (pequeño tramo color cagarro)
- 3,10-10,05:** Margas algo arenosas marrones claras con cantos de calcarenitas muy karstificadas de hasta 6 cm de Ø con oquedades de disolución. Tramo muy homogéneo y masivo. También hay pasadas algo más arcillosas. Probablemente Mioceno.
- 10,05-13,85:** Arcillas margosas de color predominantemente rojo pardo violáceo Burdeos con cantos blandos de colores marrón claro, oscuro, verdosos y también cantos calcáreos karstificados. Existen zonas de aspecto brechoso y otras con cantos subredondeados. Tramo muy homogéneo versicolor.
- 13,85-18,50:** Misma descripción que el tramo anterior pero de color más claro predominando los marrones claros.
- 18,50-20,55:** Tramo arcilloso homogéneo de colores marrones claros con muy pocos cantos.

- 20,55-22,20:** Arcillas margosas con cantos grandes de hasta 10 cm Ø calcáreos y dolomíticos de tonos claros que suelen presentar karstificación.
- 22,20-23,30:** Arcillas margosas versicolores con cantos de tonos más rojizos y oscuros y cantos blandos (limolitas?) grises, marrones y rojos.
- 23,30-25,65:** Arcillas marrones claras con pasadas de niveles de cantos de calizas y dolomías marrones. Tramo muy destrozado. Aspecto conglomerático.
- 25,65-27,30:** Tramo arcilloso marrón claro de aspecto brechoide con cantos blandos de limolitas (negros, grises claros y oscuros, ocre).
- 27,30-29,65:** Tramo arcilloso de aspecto menos brechificado que el anterior de tonos más claros con cantos blandos ocre de limolitas y algunos calcáreos. Tramo homogéneo masivo arcilloso.
- 29,65-32,35:** Arcillas con pasadas con cantos de yesos que se hacen más abundantes hacia muro.
- 32,35-33,80:** Yesos laminados grises oscuros algo karstificados de aspecto masivo con niveles de brechas con cantos blandos de limolitas.
- 33,80-35,15:** Tramo arcillosos marrón claro y gris oscuro con cantos y yesos que pasan a una brecha yesífera.
- 35,15-36,25:** Brecha yesífera de cantos verdes ocre, rojos blandos y con cristales de yeso.
- 36,25-37,05:** Tramo más arcillosos con muchos menos cantos redondeados que pasa a muro hacia más brechificado.
- 37,05-41,30:** Brecha arcillosa de color marrón claro con poco yeso con tramos de dolomías y cantos calcáreos. Más detrítico y menos yesos (casi ninguno).
- 41,30-47,70:** Yesos masivos y bandeados de aspecto más compacto en tramos de 60-80 cm Brecha yesífera de cantos de 1-2 cm Ø (rojos, grises, verdes) generalmente de limolitas, limolitas arenosas y yesos.
- 47,70-51,30:** Brecha yesífera de cantos de yeso, limolitas (ocres, verdes, grises, negros) con óxidos de hierro y cantos de dolomías. Empiezan a parecer cantos de distinta naturaleza de mayor tamaño (5-8 cm Ø). Los tramos basales están más rotos.
- 51,30-53,85:** Tramo de color marrón más claro con más cantos ocre rojizos de “calcarenitas” (cantos carbonatados) de tamaño grande más desechos hacia la base. Existencia de una “cueva” de 53,25-53,75.
- 53,85-56,90:** Misma brecha yesífera de colores más grisáceos con más abundancia de yesos aunque existen también cantos carbonatados grandes.
- 56,90-59,60:** Tramo más masivo de yesos grises claros más laminados (no brecha)
- 59,60-69,85:** Misma brecha yesífera de color gris oscuro con cantos pequeños y grandes ocre y de yeso. Hacia la base del tramo existencia de yesos masivos bandeados.
- 69,85-70:** Tramo sólo arcilloso de tránsito hacia dolomías.
- 70-70,40:** Dolomías negras recristalizadas.
- 70,40-70,80:** Arcillas marrones.

- 70,80-74,50:** Dolomías negras y grises (muchas pérdidas durante perforación) muy rotas presentando karstificación. Probablemente cantos o brechas dolomíticas en matriz arcillosa). Los últimos 10 cm es una pasta arcillosa.
- 74,50-78:** Cantos de dolomías recristalizadas grises, negras y color vino.
- 78-78,10:** Arcillas con cantos
- 78,10-81,20:** Pérdida. Cantos de dolomías negras recristalizadas con arcillas más blancas.
- 81,20-82,90:** Tramo arcilloso color gris oscuro ceniza que pasa a colores rojizos con yesos recristalizados y casi ausencia de cantos.
- 82,90-83,90:** Arcillas más rojizas con cantos dispersos.
- 83,90-87,30:** Aumento del contenido en yesos. Brecha yesífera con cantos redondeados rojizos y grises. Más yeso.
- 87,30-90,15:** Tramo más arcilloso gris con ausencia generalizada de cantos, tan sólo alguno de yeso masivo de gran tamaño.
- 90,15-92,20:** Yesos masivos laminados alternando con brecha yesífera gris con tramos de yeso masivo de unos 10 cm de longitud.
- 92,20-97,15:** Dolomías negras brechificadas de cantos grandes karstificados.
- 97,15-99,45:** Yeso oscuro masivo bandeado en tramos completos con cristales de yeso.
- 99,45-100,40:** Más brechificado (brecha yesífera).

### Sondeo 3. BLANCARES

X UTM = 345378      Y UTM = 4114601      Cota (msnm) = 427

- 0-0,40:** Tierra vegetal
- 0,40-6:** Margas arenosas a muy arenosas ocre con cantitos negros y algún nivel de calcarenitas y concreciones más blancas carbonatadas. Hacia muro se hace más arcilloso.
- 6-7,15:** Conglomerados de matriz arcillosa ocre con cantos más redondeados (cantos de arenisca, negros de dolomías y de calizas claras). Tonos ocre y óxidos de hierro.
- 7,15-8,35:** Arcillas y margas marrones arenosas con cantos, óxidos de hierro y nódulos de carbonatos.
- 8,35-10,05:** Conglomerados y paraconglomerados en matriz arcillo-arenosa ocre con cantos de caliza, calcarenita, dolomías oscuras (tamaño medio 4 cm Ø).
- 10,05-10,65:** Marga arcillosa-arenosa de colores ocre y verdes claros con algún canto disperso.
- 10,65-12,10:** Margas arcillosas marrones claras y ocre con cantos dispersos de hasta 6 cm Ø de areniscas y calizas. Nivel conglomerático de unos 10 cm de espesor.
- 12,10-14,30:** Tramo más arcilloso de tonos grises-verdosos y menos tonalidades ocre.

- 14,30-14,75:** Tramo conglomerático de cantos de unos 3 cm Ø y matriz areno-arcillosa.
- 14,75-17,10:** Arcillas y margas menos arenosas con matriz ocre-verdosa con cantos violetas y grises. Hacia muro aumentan considerablemente los carbonatados blanquecinos.
- 17,10-18,05:** Calizas y dolomías muy recrystalizadas oquerosas (packstones) con huecos rellenos de arcillas de descalcificación.
- 18,05-18,25:** Arcillas ocreas
- 18,25-18,60:** Arcillas rojas
- 18,60-24,20:** Arcillas ocreas y grisáceas (tonos más marrones) con cantos pequeños claros y nódulos de carbonatos y cantos de calizas ocreas y marrones claros.
- 24,20-26:** Pérdida de 1,80 m.
- 26-27,35:** Arcillas oscuras muy plásticas sin cantos.
- 27,35-28,60:** Limolitas o argilitas pardas oscuras muy compactas con óxidos de hierro.
- 28,60-28-90:** Yesos claros bandeados
- 28,90-31,30:** Yesos brechificados
- 31,30-32,30:** Yesos bandeados más claros.
- 32,30-32,80:** Arcillas rojas con cantos.
- 32,80-33,75:** Arcillas verdes y grises con cantos.
- 33,75-35,20:** Yesos bandeados claros y oscuros con piratas y grietas rellenas de yesos cristalino transparente.
- 35,20-36,35:** Arcillas grises claras con cantos de yesos.
- 36,35-37,45:** Yesos masivos bandeados con presencia de piratas.
- 37,45-40,80:** Arcillas grises claras con algún canto.
- 40,80-42,15:** Yesos masivos claros poco bandeados.
- 42,15-43,85:** Yesos y arcillas ocreas de aspecto más brechoide en alternancia de yesos y arcillas.
- 43,85-44,60:** Arcillas rojas sin cantos de yeso.
- 44,60-48,25:** Arcillas rojas con yesos brechificados y yesos recrystalizados en fracturas.
- 48,25-48,40:** Yesos brechificados.
- 48,40-51,40:** Arcillas grises oscuras, grises y violáceas y yesos.
- 51,40-52:** Yesos grises y oscuros.
- 52-55,05:** Arcillas grises con yesos y pasadas más claras de cantos de limolitas y argilitas.
- 55,05-55,25:** Yesos masivos bandeados.
- 55,25-66,80:** Brecha yesífera. Entre 56,10-56,20; 56,60-56,80 y 59-59,15: más bandedo. Entre 59,30-60,20; 63,85-64,15 y 65,70-66: más arcilloso.

**66,80-71,25:** Arcillas rojas con poca cantidad de cantos de yeso. Abundantes cantos rojos y grises de limolitas y areniscas duras.

**71,25-72,45:** Arcillas rojas y brecha yesífera con pequeños tramos bandeados.

**72,45-73,40:** Yesos bandeados y brecha yesífera.

**73,40-82:** Brecha y arcillas yesíferas grises. Entre 75,20-76: arcillas rojas y brecha yesífera con cantos de dolomías. Entre 79,25-80,15: brechas con más cantos de yesos.

**82-82,90:** Más cantidad de yesos masivos grises oscuros.

**82,90-87,35:** Brecha con cantos más detríticos de limolitas negras con más abundancia de yesos entre 85,35-85,80 y 86,40-86,50.

**87,35-92,05:** Yeso masivo bandeadado gris claro. Entre 88,50-88,70 y 91,45-91,60: brecha yesífera.

**92,05-94,20:** Brecha con cantos más angulosos.

**94,20-100,45:** Yesos masivos laminados y bandeados. Entre 98,50-98,80: tramo más arcilloso ocre rojizo.

**100,45-104,65:** Yesos ¿??? . Bandeados muy finitos de color más claro. Están “mosquedos” con manchas de 2-3 cm Ø muy oscuras casi negras. Pudieran haber sufrido algo de metamorfismo ¿?.

**104,65-108,95:** Yesos masivos bandeados con existencia de yesos brechoide de grandes cantos de tonos grises (dolomías?)

**108,95-112:** Aspecto terroso brechoide. No parecen yesos, son más duros. Afectados por procesos de disolución. Se presentan como brechas y como zonas más compactas. Tonos muy oscuros. Yesos o rocas metamórficas o brecha dolomítica ¿??

**112-112,90:** Yesos laminados y bandeados masivos grises.

**112,90-113,30:** Zonas de manchas en yesos?? “mosqueados”

**113,30-114,30:** Yesos bandeados y brechas hacia la base.

**114,30-114,95:** Zona muy karstificada. Descripción como el tramo 108,95-112.

**114,95-115,55:** Yeso masivo laminado.

**115,55-116,75:** Brecha de cantos de yeso.

**116,75-119,20:** Yesos más masivos blanquecinos y también brechoides.

**119,20-120:** Más arcilloso y brechoide.

#### Sondeo 4. LA PLATA

X UTM = 343184

Y UTM = 4106768

Cota (msnm) = 410

**0-5 m.:** Triple batería

- 5-6,80:** Arcillas muy plásticas de color carne algo arenosas con algún cantito. A 6,80 m. se presenta un nivel centimétrico de calcarenitas (mioceno o postmioceno).
- 6,80-7,30:** Además margas
- 7,30-12,90:** Margas arcillosas marrones con cantos de calcarenitas y parece que en nivelillos. A partir de aquí empiezan los colores más violáceos. A 8,80 m. hay un nivel de microconglomerados.
- 12,90-22,20:** Arcillas y margas de color carne anaranjado con cantos de 0,5 a 3-4 cm Ø. Cantos de limolitas y calizas rojas y grises. Existencia de nivelillos de areniscas calcáreas. Se distingue del siguiente tramo exclusivamente por el color.
- 22,20-25,45:** Arcillas rojas muy plásticas con cantos de unos 3 cm Ø de calizas, dolomías, limolitas.
- 25,45-29,35:** Arcillas rojas muy plásticas con menor presencia de cantos (alguno de limolitas). Tramo compacto y homogéneo.
- 29,35-30,55:** Arcillas menos rojizas con más cantos de tonos más pardos.
- 30,55-31,55:** Pérdida
- 31,55-32,25:** Ha perdido 0,35 m. Lo que quedan son muchos cantos angulosos y redondeados de limolitas rojas y verdes de hasta 6 cm Ø aunque el tamaño medio es de 3 cm
- 32,25-36,55:** Arcillas pardo-rojizas y marrones con cantos de dolomías, limolitas y areniscas.
- 36,55-38,65:** Recuperación de sólo 10 cm Y son cantos de limolitas rojas incluidas en una pasta arcillosa.
- 38,65-44,80:** Arcillas rojas y ocre con cantos grandes rojos, verdes, violetas de limolitas y dolomías redondeados y a veces angulosos.
- 44,80-45,40:** Yesos masivos grises.
- 45,40-45,90:** Yesos más brechificados.
- 45,90-46,45:** Yesos con laminación muy fina.
- 46,45-48,15:** Yesos más claros masivos grises recristalizados.
- 48,15-48,45:** Yesos laminados o bandeados.
- 48,45-50,75:** Dolomía negra brechificada muy karstificada y con venitas y fracturillas rellenas de yeso. Duras y muy oscuras (negras).
- 50,75-53,20:** Yesos masivos grises.
- 53,20-53,90:** Yeso algo bandeo.
- 53,90-55,25:** Yesos masivos grises con tramos brechificados.
- 55,25-55,85:** Dolomías negras brechificadas y karstificadas con yesos en fracturas.
- 55,85-59,60:** Yesos bastante masivos y bandeados con algún nivel pequeño de brechas.
- 59,60-61:** Brecha dolomítica en yesos (cantos de dolomías)
- 61-62,95:** Yesos oscuros más masivos y bandeados.
- 62,95-63,25:** Brecha dolomítica en yesos muy oscuros.

- 63,25-63,85:** Yeso laminado bandeado
- 63,85-64,05:** “fractura” rellena de de yeso cristalino de recristalización.
- 64,05-65,10:** Yesos masivos oscuros.
- 65,10-65,20:** Yesos cristalinos blancos de relleno.
- 65,20-67,80:** Yesos masivos algo laminados con rellenos de yesos blancos de recristalización.
- 67,80-68,80:** Yesos brechoide con cantos. En el tramo 68,10-68,30: yesos bandeados.
- 68,80-69,80:** Yesos laminados gris-oscuros.
- 69,80-70,20:** Brecha dolomítica con menos matriz yesífera. Tramo muy duro. Yeso recristalizado en fisuras.
- 70,20-71,40:** Brecha dolomítica en matriz yesífera.
- 71,40-75,95:** Yeso masivo laminado oscuro. “Donde hay yeso cristalino transparente relleno huecos es brecha, no yeso masivo.”
- 75,95-78,50:** Brecha dolomítica con yeso cristal transparente en las fisuras de hasta 5 cm de relleno.
- 78,50-79,55:** Yesos más laminados sin fisuras.
- 79,55-79,90:** Brecha con yeso cristalino de 10 cm de longitud.
- 79,90-81,65:** Yeso más masivo y laminado.
- 81,65-81,95:** Yeso transparente de recristalización.
- 81,95-82,15:** Brecha
- 82,15-82,45:** Yeso transparente
- 82,45-85,25:** Yeso más masivo y a veces laminado.
- 85,25-85,60:** Brecha yesífera con cantos de dolomías pero fundamentalmente yesos.
- 85,60-86,30:** Brecha con mayor contenido en dolomías negras muy karstificadas.
- 86,30-87,95:** Brecha. De **87,30-87,45:** yeso transparente recristalizado.
- 87,95-90:** Yeso laminado blanco y negro con yeso cristalino de 89,70-89,80.

#### Sondeo 5. DESEMBOCADURA ARROYO SANTILLÁN

X UTM = 344826      Y UTM = 4111407      Cota (msnm) = 410

**0-11,40:** Triple batería (0-5: limos lagunares blancos; 5-7: limos margosos blancos; 7-9,20: limos margosos grises; 9,20-11,40: limos y margas con bastantes óxidos de hierro.

**11,40-11,80:** Cristales de yesos.

- 11,80-13:** Limos margosos grises con arenas y cantos pequeños.
- 13-13,60:** Yesos diagenéticos ¿?
- 13,60-13,70:** Limos a arcillas margosas
- 13,70-13,85:** Yesos diagenéticos
- 13,85-15,10:** Margas arcillosas con cantos blanditos de color blanquecino y aspecto terroso.
- 15,10-26,25:** Margas arcillosas ocre-marrón muy homogéneas con pocos cantos.
- 26,25-26,85:** Tramo más arenoso de grano fino y limos ocre marrones.
- 26,85-30,60:** Margas arcillosas ocre más rojizas con cantos subredondeados de dolomías negras.
- 30,60-31:** Arcillas y margas ocre sin cantos.
- 31-32,25:** Brecha arcillo-margosa con cantos rojos, grises, marrones de tamaño medio de 2 cm Ø
- 32,25-32,55:** Calcarenita muy oquerosa karstificada.
- 32,55-32,65:** Yeso diagenético ¿?
- 32,65-34,60:** Caliza o calcarenita muy oquerosa karstificada.
- 34,60-36,60:** Brecha arcillosa de cantos rojizos con poco matriz. Pérdida de 1,35 m.
- 36,60-38,30:** Calizas oquerosas (“calizas en brecha como canto ¿??”). Pérdida de 1,40 m.
- 38,30-41,30:** Con 1,80 m. de pérdidas. Arcillas muy arenosas con cantos de colores rojizos, marrones claros y verdes.
- 41,30-44,30:** Arcillas con muchos cantos de 1-2 cm Ø de carbonatos rojos y negros (de todos los colores). Tramo muy compacto y homogéneo. No se observa ningún tipo de granoselección de los cantos. Existen pérdidas de 1,70 m.
- 44,30-49,30:** Arcillas con cantos de aspecto brechificado de hasta 10 cm Ø de dolomías y limolitas de colores negros, rojizos, color marrón claro y oscuro.
- 49,30-50,30:** Tramo más claro ocre y más carbonatado y duro (canto calizo ¿??)
- 50,30-52,70:** Brecha arcillosa y algo margosa rojiza, marrón con cantos diversos ocre, negros, rojos con bastante matriz arcillosa.
- 52,70-53:** Tramo carbonatado gris (caliza brechoide)
- 53-55,25:** Brecha con cantos.
- 55,25-57,50:** Brecha roja con cantos más pequeños englobados en matriz arcillosa.
- 57,50-59,90:** Con menos cantos, mucho más arcilloso.
- 59,90-62,60:** Tramo gris más limosos. Hay una pérdida de 1,30 m.
- 62,60-63,30:** Tramo carbonatado formado por calizas brechificadas grises oscuras oquerosas.
- 63,30-66,35:** Yesos brechificados con cantos de dolomías ¿?



- 66,35-67,45:** Tramo más arcilloso rojo con intercalaciones de yesos recristalizados.
- 67,45-68:** Tramo de yesos brechificados.
- 68-70:** Arcillas rojas con intercalaciones de yesos recristalizados.
- 70-71,20:** Brechas con matriz arcillosa muy oscuras casi negras.
- 71,20-73:** Brechas con menos arcillas y más cantos negros.
- 73-73,60:** Yesos más masivos y laminados
- 73,60-74,45:** Brecha arcillosa (hacia muro más arcillosa)
- 74,45-74,95:** Canto de dolomías en brechas.
- 74,95-75,25:** Tramo más arcilloso negro con brechas.
- 75,25-75,75:** Yeso masivo y laminado
- 75,75-77,45:** Brecha con cantos de dolomías grises y yesos.
- 77,45-78,70:** Más existencia de dolomías grises y oscuras con recristalizaciones.
- 78,70-80,55:** Brechas que hacia muro presentan más yesos y hacia techo más arcillas.
- 80,55-95,80:** Yesos principalmente masivos laminados claros con presencia de pasadas más brechificadas en: 82-82,80; 83,70-84,60; 86-86,45; 87-87,20; 87,50-87,60. Hacia muro van a pareciendo más pasadas arcillosas rojas de 1-2 cm de espesor.
- 95,80-98,50:** Brechas de cantos variados con pasadas arcillosas ocre y rojas.
- 98,50-101,70:** Arcillas rojas con yesos recristalizados y cantos de brechas grises. Los últimos 10 cm son brechas grises.

#### Sondeo 6. CANTARRANAS

X UTM = 340750      Y UTM = 4108217      Cota (msnm) = 409

- 0-7:** Triple batería
- 7-9,15:** Marga limo-arcillosa blancas muy desechas.
- 9,15-12,10:** Margas más grisáceas.
- 12,10-14,50:** Margas blancas con algún canto ocre de calcarenita.
- 14,50-16,60:** Margas blancas de tonos algo rojizos.
- 16,60-18,50:** Margas ocre compactas
- 18,50-19:** Margas arenosas de grano fino casi arenas finas en matriz margosa
- 19-20:** Margas de color más blanquecino

- 20-22:** Margas ocreas
- 22-22,70:** Margas mucho más arenosas con cantos
- 22,70-26,20:** Margas de color grisáceo claro con poca arena
- 26,20-27,30:** Margas arenosas oscuras de color negro con cantos y yesos.
- 27,30-29,60:** Margas poco arenosas de color gris claro
- 29,60-30,20:** Margas algo arenosas de color gris claro sin cantos.
- 30,20-33,50:** Margas poco arenosas de color marrón con cantos de yesos cristalizados.
- 33,50-34:** Tramo margoso más arenoso.
- 34-35,90:** Tramo margoso muy poco arenoso de tonos grises oscuros.
- 35,90-37,80:** Margas muy arenosas blancas con cantos de Q, y de colores verdes, ocreas etc. de 0,3 y 0,5 mm y hasta 0,5 cm de Ø
- 37,80-40,40:** Tramo más margoso oscuro sin arenas
- 40,40-45:** Tramo algo más arenoso con pocos cantos de color ocreas y jacintos.
- 45-46,80:** Margas con menos cantos y más blanquecinos.
- 46,80-51,70:** Margas más marrones con cantos y algo más arenosas y con presencia de óxidos de Fe de alteración. Hacia muro presentan más cantos grisáceos y blanquecinos de carbonatos.
- 51,70-55,40:** Arcillas rojas limosas sin cantos
- 55,40-56,30:** Arcillas rojas margosas (o margas arcillosas) con cantos carbonatados blanquecinos.
- 56,30-59,75:** Arcillas (pueden ser margas algo arenosas) menos rojizas y más blanquecinas con más cantos carbonatados
- 59,75-60,45:** Microconglomerado arenoso con cantos negros de 0,5 cm de Ø y de hasta 2-3 cm de carbonatos y Q.
- 60,45-61,50:** Tramo algo más arenoso de color ocre
- 61,50-62,70:** Tramo más arcilloso de colores rojizos con arenas y sin cantos.
- 62,70-64,40:** Tramo más arcilloso con escasos cantos de carbonatos más rojizos.
- 64,40-66:** Tramo más arenoso de grano fino de colores ocreas con algún canto disperso.
- 66-69:** Arcillas rojas con niveles de conglomerados con cantos de Q y carbonatos de hasta 5 cm de Ø.
- 69-69,70:** Nivel arcilloso rojo con cantos dispersos.
- 69,70-70,40:** Tramo arcilloso margoso de colores más pardos con cantos dispersos de carbonatos.
- 70,40-71,60:** Arcillas margosas con cantos carbonatados grandes y jacintos de Compostela.
- 71,60-72,40:** Arcillas margosas con cantos carbonatados

- 72,40-74,20:** Tramo más arcilloso de colores rojizos sin cantos.
- 74,20-75,60:** Arcillas margosas con cantos carbonatados
- 75,60-77,10:** Arcillas arenosas margosas de tonos anaranjados
- 77,10-77,60:** Tramo arcillo-margoso de tonos más claros con pocos cantos.
- 77,60-80:** Arcillas margosas con algún canto de 2 cm de Ø con presencia de una pasada más arenosa de 79,50 a 79,60 m.

### Sondeo nº 7. LA RATOSA

X UTM = 348848      Y UTM = 4118572      Cota (msnm) = 450

- 0-3:** Triple batería
- 3-3,60:** Arcillas poco margosas ocre y blancas de tonos amarillentos con presencia de óxidos de Fe.
- 3,60-4,60:** Arcillas de colores blanquecinas y amarillentas con cantos carbonatados con menos óxidos de Fe.
- 4,60-4,80:** Arenas de grano fino de color blanco-amarillentas
- 4,80-5,70:** Tramo arcilloso algo margoso de colores amarillentos y blanquecinos sin cantos
- 5,70-6:** Arcillas con abundantes cantos de 2 cm de Ø
- 6-9,60:** Arcillas margosas ocre con cantos y jacintos. Los cantos son de tamaño arena gruesa 2-4 mm Ø. Existencia de pasadas más arenosas de cantos carbonatados.
- 9,60-10,60:** Arcillas con cantos grandes de 2-3 cm Ø blancos de calizas, dolomías negras y yesos. En la base hay una pasada de 20 cm de un conglomerado carbonatado blanco.
- 10,60-15,20:** Arcillas con abundantes cantos de yesos, carbonatos, sílex, de colores claros de tamaño arena y de hasta 5 cm Ø. Aspecto brechoso de color pardo.
- 15,20-24,50:** Margas blancas de aspecto terroso. A los 23,40 existe un estrecho nivel de cantos de 2 cm Ø
- 24,50-60,80:** Calizas margosas grises de grano fino (wackestones y packestones). Tramo de aspecto muy masivo sin karstificación. Se pueden advertir las siguientes características:
- en el metro 30 existe una grieta de 2 cm de anchura rellena de cristales de yeso.
  - En el metro **36,50** textura wackestone
  - En **39**: textura packestone fina
  - En **46,30**: pasada de 10 cm más margosa
  - En **48,70; 49,85; 54; 56**: pasadas más margosas
  - De **58,60-59,20**: pasada más margosa
- 60,80-62,20:** tramo más compacto de dolomías negras (menos calcáreo)
- 62,20-80:** Calizas margosas grises de grano fino. Se diferencian:
- en el **70**: pasada de 20 cm más margosa
  - del **71,35-71,95**: arenas blancas.

## Sondeo nº 8. LA SERAFINA

X UTM = 347634

Y UTM = 4116527

Cota (msnm) = 440

- 0-6,10:** Triple batería
  - 6,10-8:** Arcillas rojas con pocos cantos de carbonatos
  - 8-9,25:** Arcillas rojas con cantos de calcarenitas y cantos negros.
  - 9,25-17,85:** Arcillas margosas de colores rojos y ocre de aspecto conglomerático con cantos y niveles de conglomerados con cantos carbonatados, pasadas centimétricas de calcarenitas y cantos negros de dolomías.
  - 17,85-19,90:** Arcillas margosas blanquecinas y ocre
  - 19,90-24,90:** Margas arcillosas de color amarillento claro
  - 24,90-25:** Cantos carbonáticos (conglomerado?)
  - 25-26,90:** Margas blanquecinas compactas algo nodulosas sin cantos
  - 26,90-29,20:** argas verdes (diferente tonalidad que las anteriores)
  - 29,20-34,70:** argas grises masivas “esquistosadas” (fracturación como en superficies planas de esquistosidad en pizarras)
  - 34,70-35,90:** argas arcillosas “esquistosadas” rojas sin cantos
  - 35,90-36,10:** Margas blancas nodulosas
  - 36,10-38,20:** Margas rojas “esquistosadas” desechas. Del 37,80 al 38: margo calizas blancas.
  - 38,20-41,30:** Margas negras con algún canto
  - 41,30-81,80:** Problemas de recuperación de testigo durante la perforación, se quedaron aquí y seguirían a tricono). Calizas margosas compactas y margocalizas negras “esquistosadas” con planos de fracturación con recristalizaciones de calcita en fisuras.
- Tramos más “esquistosados” (rotos):
- 53,30-56**
  - 57-59,80**
  - 61-62,20**
  - 65,20-67,25**
- 68,75-81,80:** Tramo más margoso-arcilloso más machacado y roto. Al final algo más arcilloso.

## 2.2 TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

El día 7 de julio de 2006 se procedió, por parte de la Compañía General de Sondeos, S.A., a la testificación geofísica de 9 sondeos ubicados en las inmediaciones de la laguna de Fuente de Piedra, en el término municipal de Fuente de Piedra, en la provincia de Málaga, tal y como se muestra en el mapa y fotografía

aérea de la figura siguiente. El propósito fundamental de la testificación geofísica es ayudar a definir los siguientes objetivos:

- Ayudar a reforzar el conocimiento geológico de la cuenca.
- Conocer las salmueras y aguas salobres de la zona.

A continuación se describen los trabajos realizados y los resultados obtenidos del estudio.

### 3 TRABAJO REALIZADO

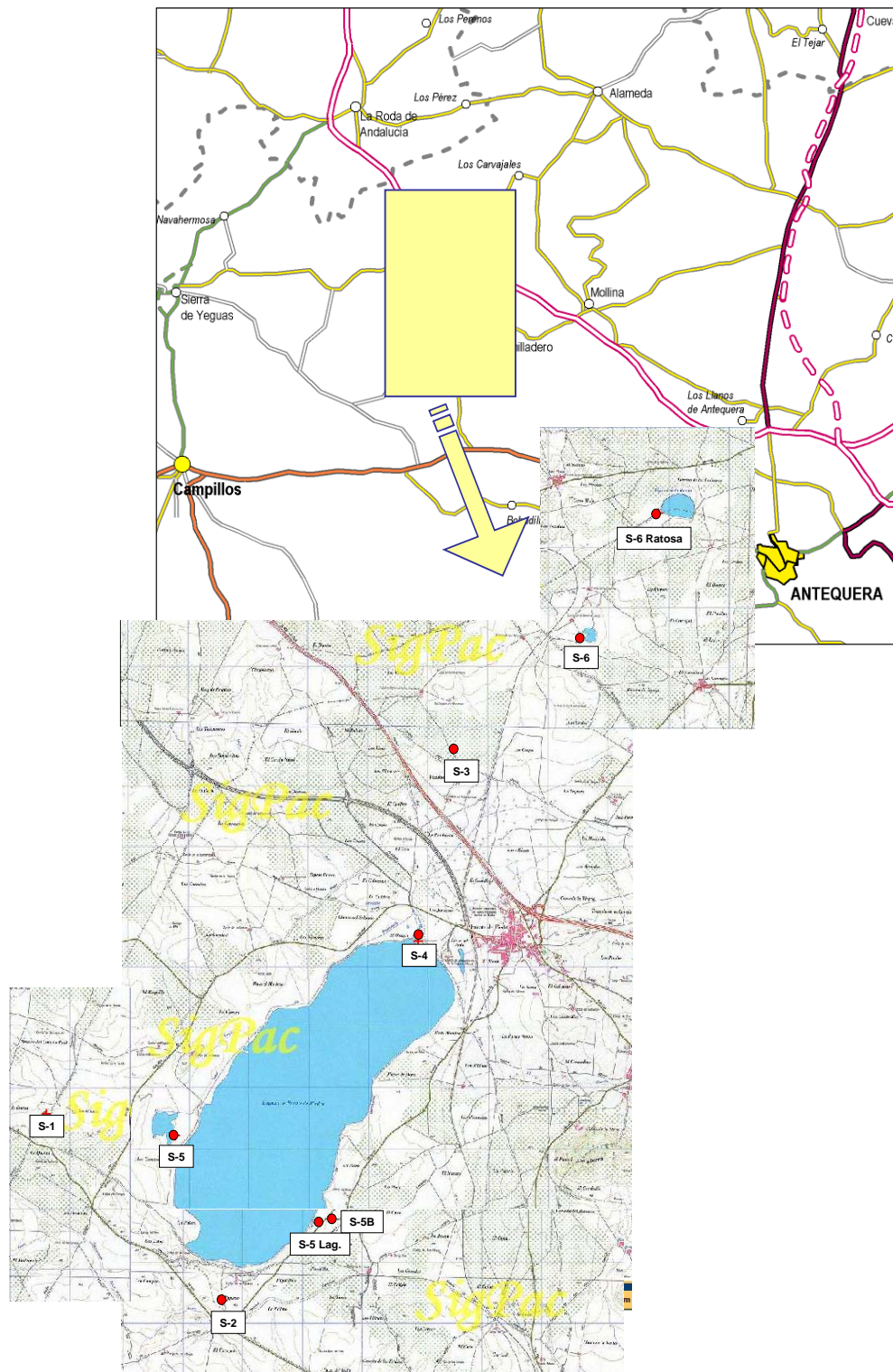
Se han testificado un total de 9 sondeos, ubicados en los emplazamientos que figuran en el plano de situación de la figura siguiente.

El ámbito territorial de la zona de trabajo corresponde a la Cuenca Mediterránea Andaluza, distribuyéndose los sondeos en el término municipal de Fuente de Piedra.

Topográficamente los 9 sondeos se localizan en la Hoja del Servicio Geográfico del Ejército, escala: 1:50.000, N° 16-41 (1006).

En la tabla que presentamos a continuación se detalla la ubicación exacta de cada sondeo testificado mediante sus coordenadas, así como el término municipal y toponimia del emplazamiento y la profundidad testificada.

Situación geográfica de la zona de estudio y ubicación de los sondeos.



Nº de sondeo	Sondeo	Coordenadas		Término municipal	Toponimia	Profundidad testificada (m)
		X	Y			
1	S-1	338.614	4.108.564	Fuente de Piedra	Cuenca de Ayo. Los Arenales	71
2	S-2	341.671	4.105.363	Fuente de Piedra	Los Piquetes-La Rabita	99
3	S-3	345.378	4.114.601	Fuente de Piedra	Vista Hermosa-Blancas	120
4	S-4	344.826	4.111.407	Fuente de Piedra	Desembocadura Ayo. Santillán	100
5	S-5	340.750	4.108.217	Fuente de Piedra	Cantarranas-Campos	77
6	S-5B	343.184	4.106.768	Fuente de Piedra	Laguna F de P. La Plata	25
7	S-5 Laguna	343.184	4.106.768	Fuente de Piedra	Laguna F de P. La Plata	88
8	S-6	347.634	4.116.527	Fuente de Piedra	Laguna La Serafina	112
9	S-6 Ratosa	348.848	4.118.572	Fuente de Piedra	Laguna La Ratosa	74

### 3.1 SONDAS UTILIZADAS

Se ha utilizado la sonda 9042 (calidad del agua) cuyos parámetros figuran a continuación:

Parámetros que registra la sonda 9042 (calidad del agua)

- GAMMA NATURAL
- RESISTIVIDAD DEL FLUIDO
- CONDUCTIVIDAD
- TEMPERATURA
- DELTA DE TEMPERATURA

#### 3.1.1 CALIBRACIÓN DE LA SONDA 9042

Las sondas son calibradas por el fabricante antes de su distribución en el mercado y llegan al usuario perfectamente calibradas. Esta calibración es duradera en el tiempo en función del tipo de parámetro calibrado, así por ejemplo, la calibración del parámetro resistividad será más duradera en el tiempo que la del parámetro densidad, ya que la medida de densidad depende de una fuente radiactiva, que va perdiendo intensidad en el transcurso del tiempo y la medida de resistividad depende de los electrodos situados en la sonda y el cable, cuya fatiga y envejecimiento son los que van a condicionar el posible cambio de resistividad, que es prácticamente despreciable a medio plazo.



Todos los parámetros que registra la sonda 9042 han sido calibrados en los talleres de CGS, con la instrumentación apropiada para cada parámetro, a excepción del parámetro gamma natural que es calibrado en una formación tipo, dispuesta en un sondeo patrón artificial ubicado en EE.UU.

A continuación presentamos los valores de calibración obtenidos para la sonda 9042 efectuada el 1 de noviembre de 2005.

#### Valores de calibración de la sonda 9042

<p>Curve: GAM(NAT)</p> <p>Date: Nov01,05 09:53:33</p> <p>Point 1</p> <p>API-GR 0.000</p> <p>CPS 2.000</p> <p>Point 2</p> <p>API-GR 283.000</p> <p>CPS 293.000</p>	<p>Curve: RES(FL)</p> <p>Date: Nov01,05 09:53:38</p> <p>Point 1</p> <p>OHM-M 39.100</p> <p>CPS 63805.000</p> <p>Point 2</p> <p>OHM-M 0.830</p> <p>CPS 6945.000</p>	<p>Curve: TEMP</p> <p>Date: Nov01,05 10:00:09</p> <p>Point 1</p> <p>DEG C 4.167</p> <p>CPS 74089.000</p> <p>Point 2</p> <p>DEG C 77.778</p> <p>CPS 463800.000</p>
---	--	---

### 3.1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS

Gamma Natural: Mide la radiactividad natural de las formaciones geológicas.

Los Rayos Gamma son ondas de energía electromagnética, emitida espontáneamente por los elementos radiactivos, como parte del proceso de conversión de masa en energía, o desintegración nuclear.

Cada isótopo radiactivo tiene unos niveles de emisión característicos. La energía emitida por una formación geológica es proporcional a la concentración en peso de material radiactivo que contiene. Es absorbida por la propia formación, en mayor grado cuanto mayor sea su densidad, por lo que la emisión recibida en la sonda es la que proviene de una distancia media no superior a los 0.3 metros.

En las rocas sedimentarias, los isótopos radiactivos se localizan fundamentalmente en las arcillas, mientras que las arenas limpias no tendrán emisiones de Rayos Gamma.

Los niveles de calizas y dolomías tampoco son radiactivos, mientras que las rocas ígneas, sobre todo el granito y las riolitas, tienen importantes concentraciones de isótopos de 40 k.

La sonda contiene un detector de centelleo que detecta las radiaciones que llegan a la sonda en la unidad de tiempo.

Las unidades empleadas son cuentas o eventos radiactivos detectados en la unidad de tiempo (c.p.s.). Puesto que no todos los detectores son iguales, se ha definido la unidad normalizada llamada "API", como una fracción de la lectura, expresada en unidades c.p.s., realizada por la sonda en una formación tipo, dispuesta en un sondeo patrón artificial en USA.

Resistividad del fluido: Mide la resistividad del fluido que rellena el sondeo. Su inversa es la Conductividad expresada en  $\mu\text{s/cm}$



La medida se realiza con una sonda que dispone de un resistivímetro/conductivímetro adaptado para medir en el lodo. La unidad de medida es ohm x m. En general este tipo de registro se obtiene durante el recorrido de descenso de la sonda, para no perturbar las condiciones estabilizadas del lodo.

Permite determinar el contenido de sales disueltas en el fluido que rellena el sondeo por lo que tiene aplicación (si las circunstancias en las que se efectúa la medida son adecuadas), para conocer la calidad del agua de los acuíferos atravesados por el sondeo en un momento dado, así como su evolución en el tiempo.

En combinación con otros registros permite detectar zonas de fracturas.

**Temperatura:** Mide la temperatura del fluido que rellena el sondeo.

Se sabe que la temperatura de las formaciones aumenta con la profundidad, llamándose gradiente térmico al aumento de temperatura por unidad de profundidad.

El gradiente geotérmico es variable según la situación geográfica y según la conductividad térmica de las formaciones: los gradientes son débiles en las formaciones que tienen una alta conductividad térmica, y elevados en caso contrario.

La variación de temperatura puede ser también debida al aporte de acuíferos.

El registro se debe hacer durante el descenso, a fin de no romper el equilibrio térmico por una mezcla del lodo ocasionada por el paso de la sonda y del cable.

A continuación, en la figura 4, presentamos una ficha técnica con las características (peso, dimensiones, rango de lectura, dispositivo, presión, temperatura, velocidad del registro etc..) de la sonda 9042 (calidad del agua)

## Sonda 9042 (calidad del agua)

### Información general

La sonda 9042 es una sonda multiparamétrica que es capaz de medir 5 parámetros a la vez. Estos parámetros son: Gamma Natural, Resistividad del Fluido, Conductividad, Temperatura y Delta de Temperatura.

### Ubicación de los sensores

1. Resistividad del Fluido y Conductividad.
2. Gamma Natural.
3. Temperatura y Delta de Temperatura.

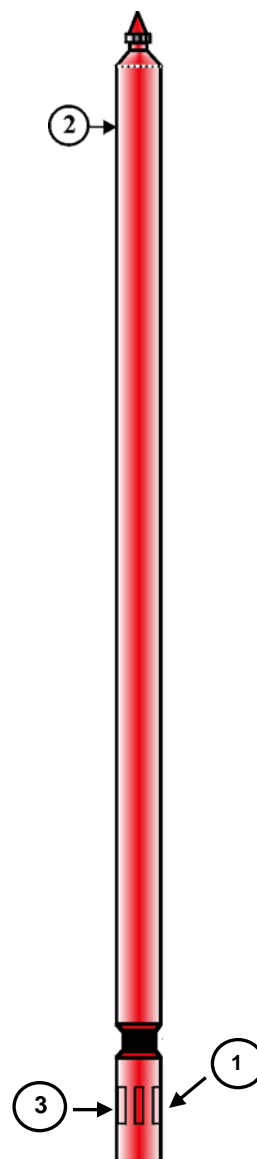
### Rango de respuesta de los sensores

- Gamma Natural: de 0 a 10.000 unidades API.
- Temperatura: de 0° C a 56° C.
- Resistividad del fluido: de 0 a 100 ohmios por metro.

### Especificaciones

- Longitud: 1.80 m
- Diámetro: 43 mm
- Presión: 233 Kg/cm<sup>2</sup>
- Temperatura: 56° C
- Peso: 8 Kg
- Voltaje requerido: 50 V (DC)
- Velocidad de registro: 9 m/minuto

Sonda 9042 (calidad del agua)

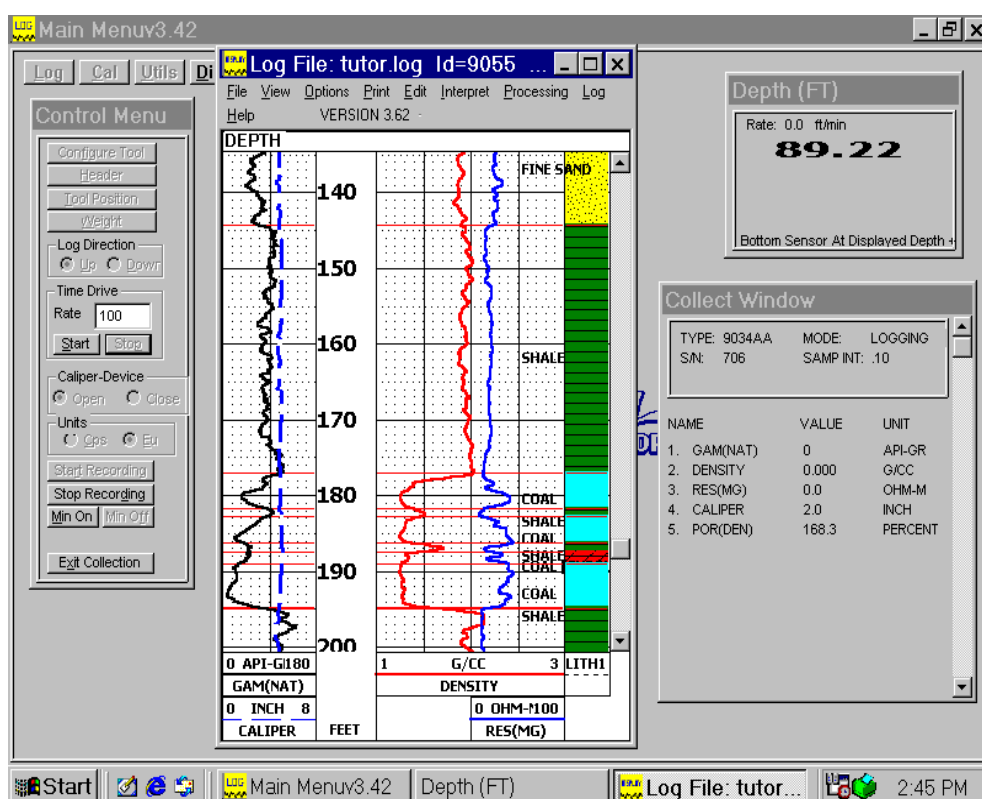


### 3.2 PROCESADO DE DATOS

Para realizar la toma de datos se ha empleado el programa LOG VI, de la casa *century geophysical corporation*, que registra los diferentes parámetros de cada sonda a intervalo de 0.10 metros.

Los datos obtenidos en la testificación geofísica con la sonda 9042 han sido procesados mediante el programa DISPLAY que, al igual que el programa de adquisición de datos, es de la casa *century geophysical corporation*. Este programa permite efectuar cualquier cálculo con las diagrañas registradas, así como la presentación y distribución de litologías.

A continuación, se presenta la ventana de trabajo de los programas LOG VI y DISPLAY



Ventana de trabajo de los programas LOG VI y DISPLAY

#### 3.2.1 REGISTROS GEOFÍSICOS

En el apartado de resultados figuran todas las diagrañas efectuadas en los 10 sondeos testificados con las siguientes escalas:

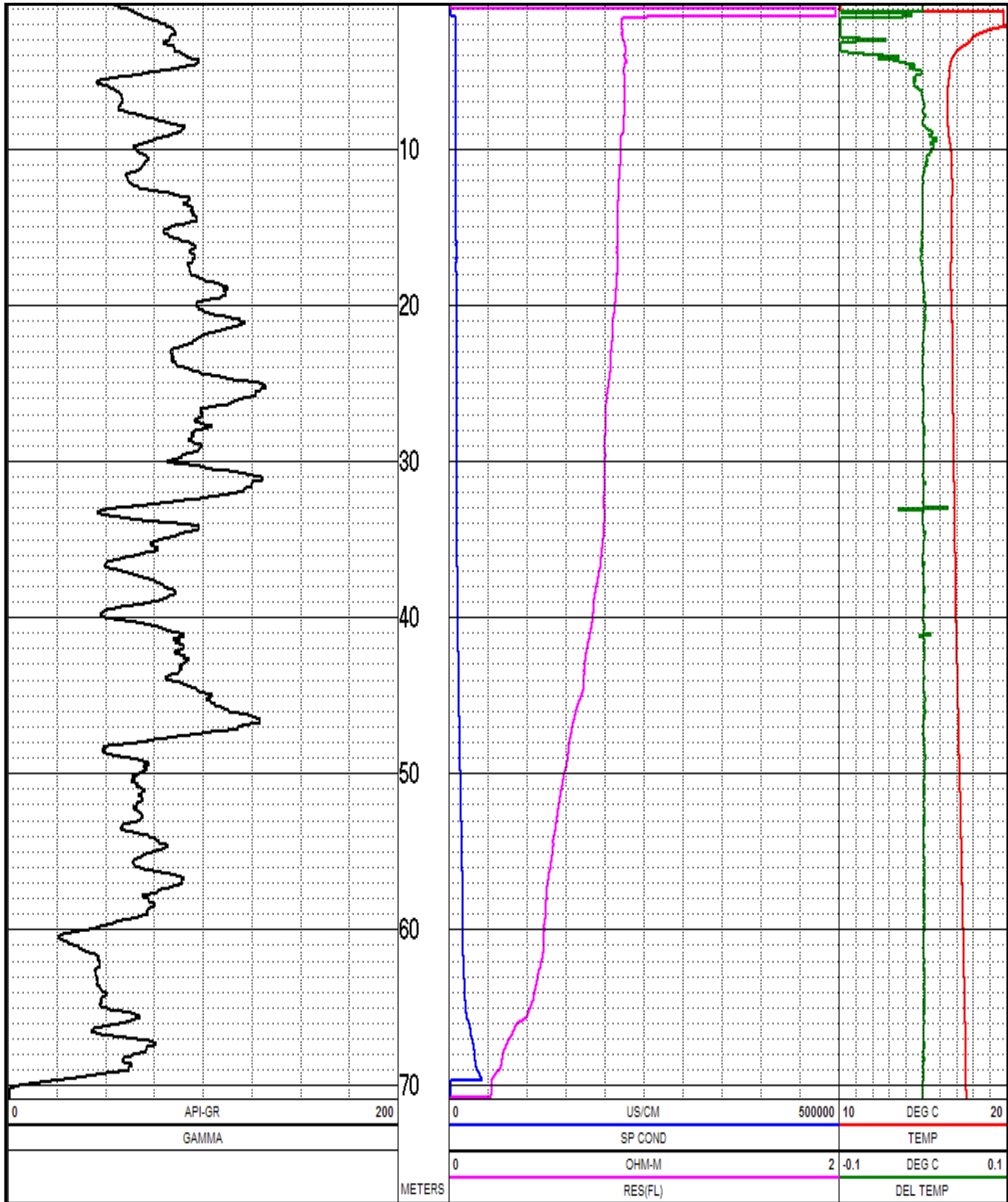
En la pista número uno se encuentra el registro de Gamma Natural con escala comprendida entre 0 y 200 unidades API. En la pista número dos la profundidad. En la tercera los registros de Conductividad y

Resistividad del Fluido con escalas que van de 0 a 500.000  $\mu\text{s/cm}$ , para la Conductividad, y de 0 a 2 ohm x m, para la Resistividad del Fluido. Por último, en la pista número cuatro figuran los parámetros de Temperatura (con escala de 10 a 20° C) y Delta de Temperatura (con escala de -0.1 a 0.1° C)

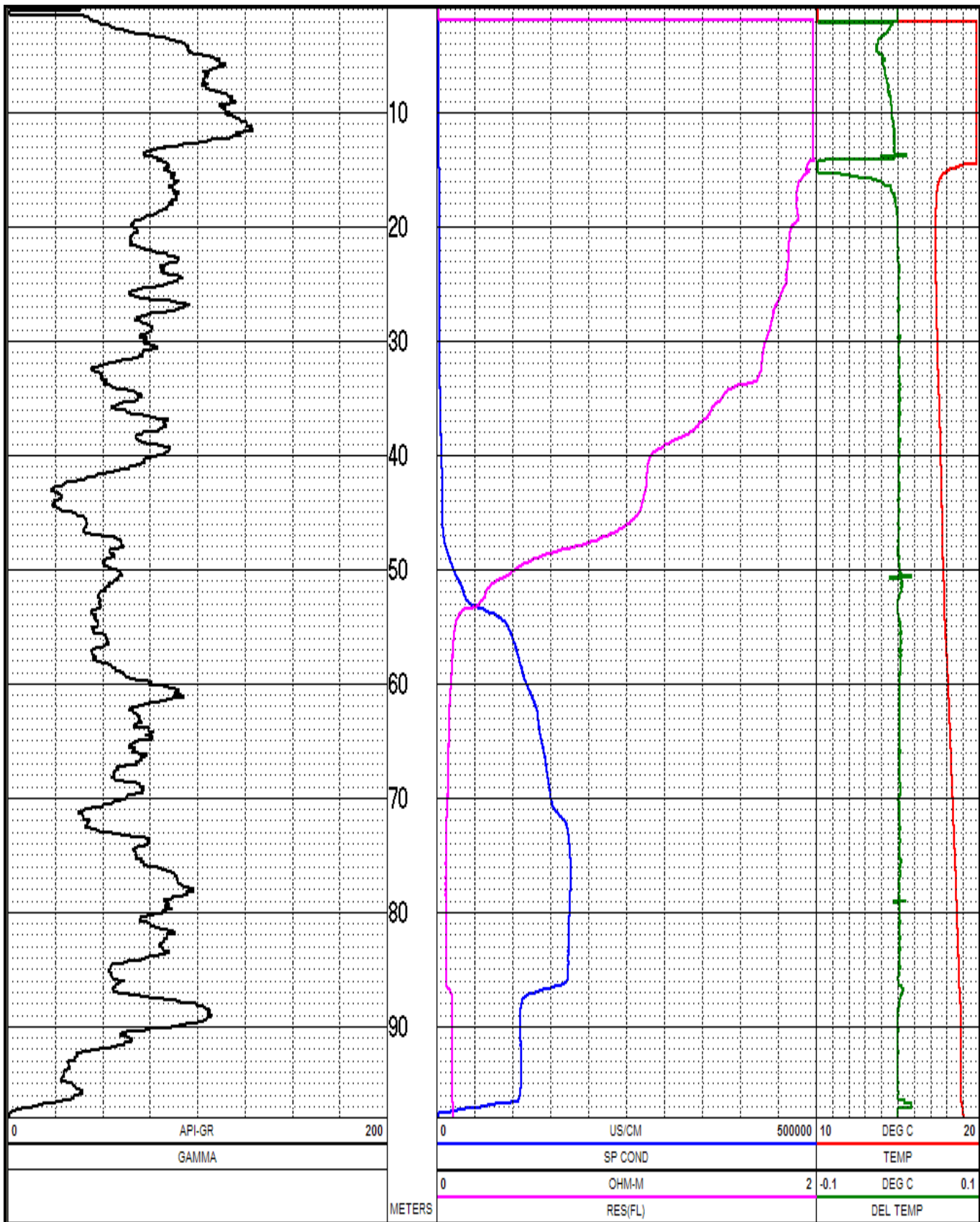
#### 4 RESULTADOS OBTENIDOS

En este apartado presentamos de forma gráfica los resultados de la testificación geofísica efectuada en los 9 sondeos donde figuran los parámetros de Gamma Natural, Conductividad, Resistividad del Fluido, Temperatura y Delta de Temperatura.

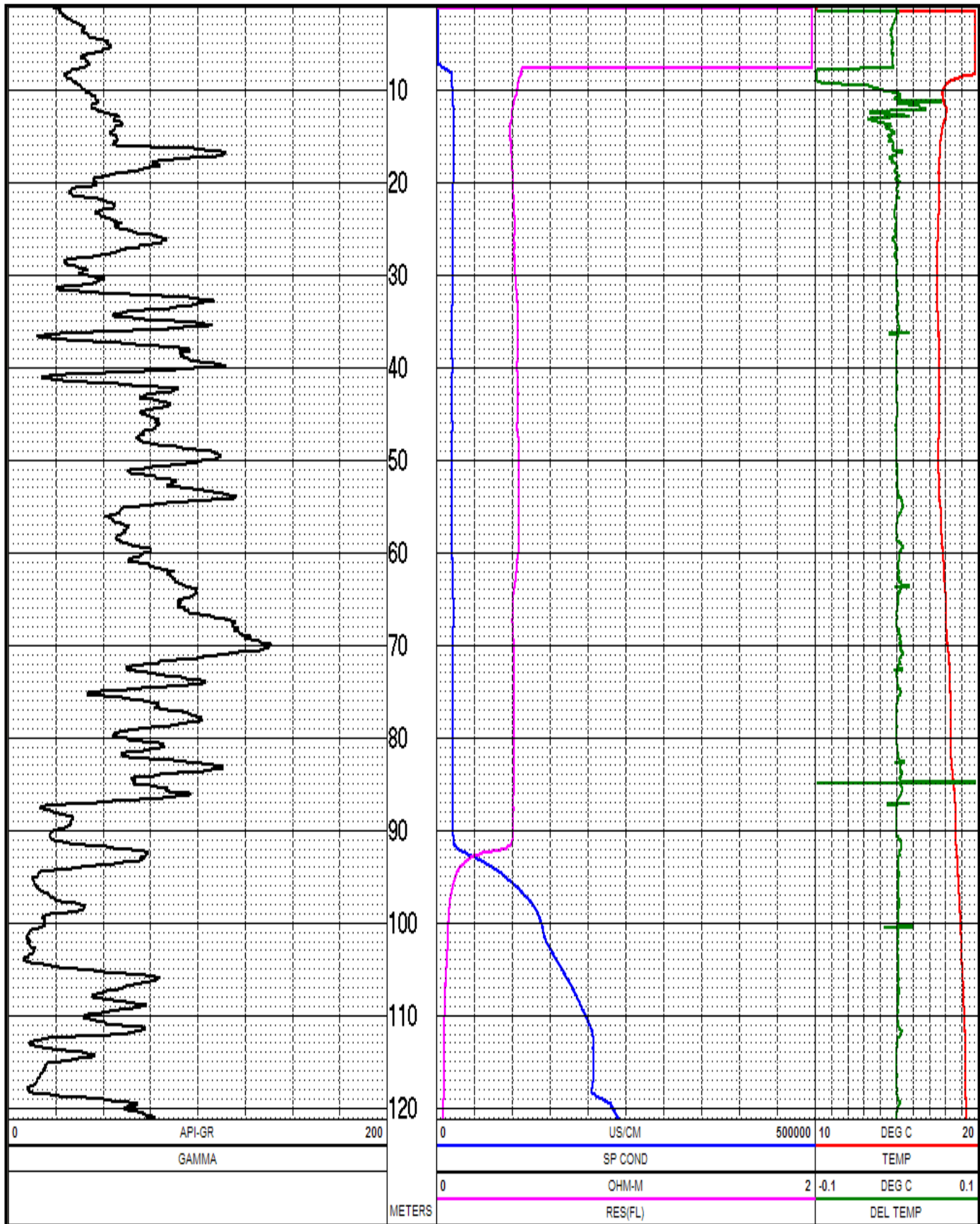
Sondeo: S-1



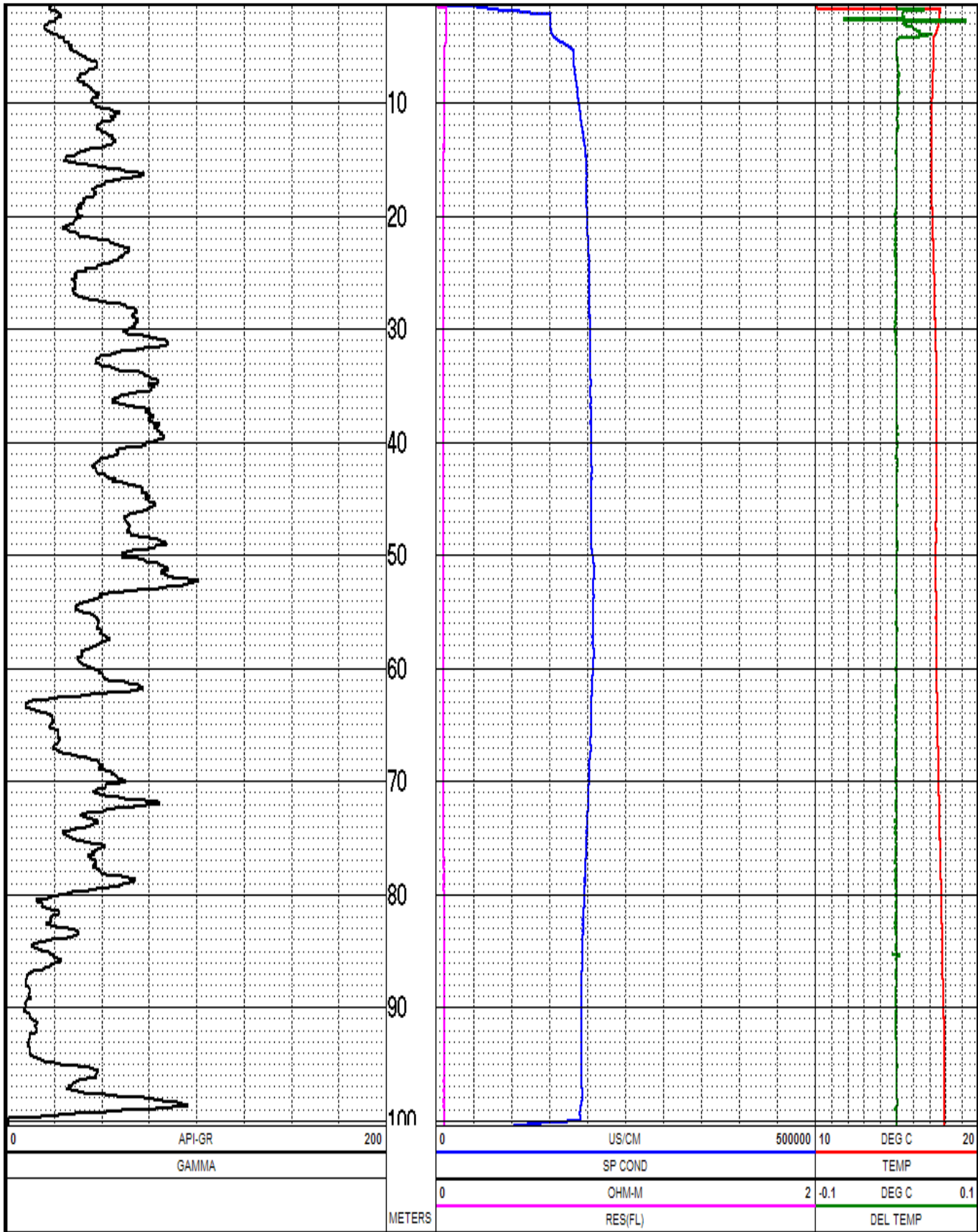
Sondeo: S-2



Sondeo: S-3

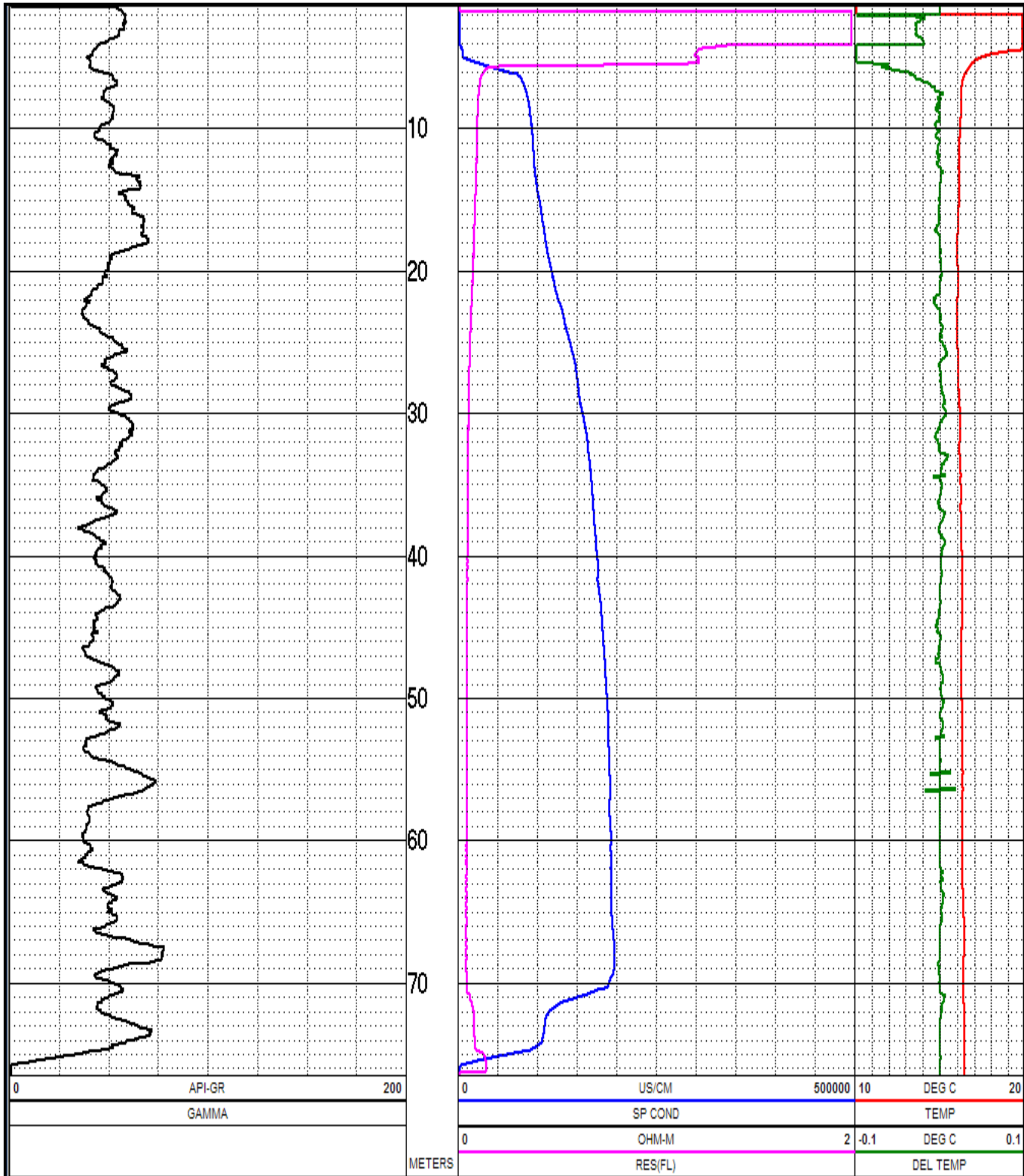


Sondeo: S-4

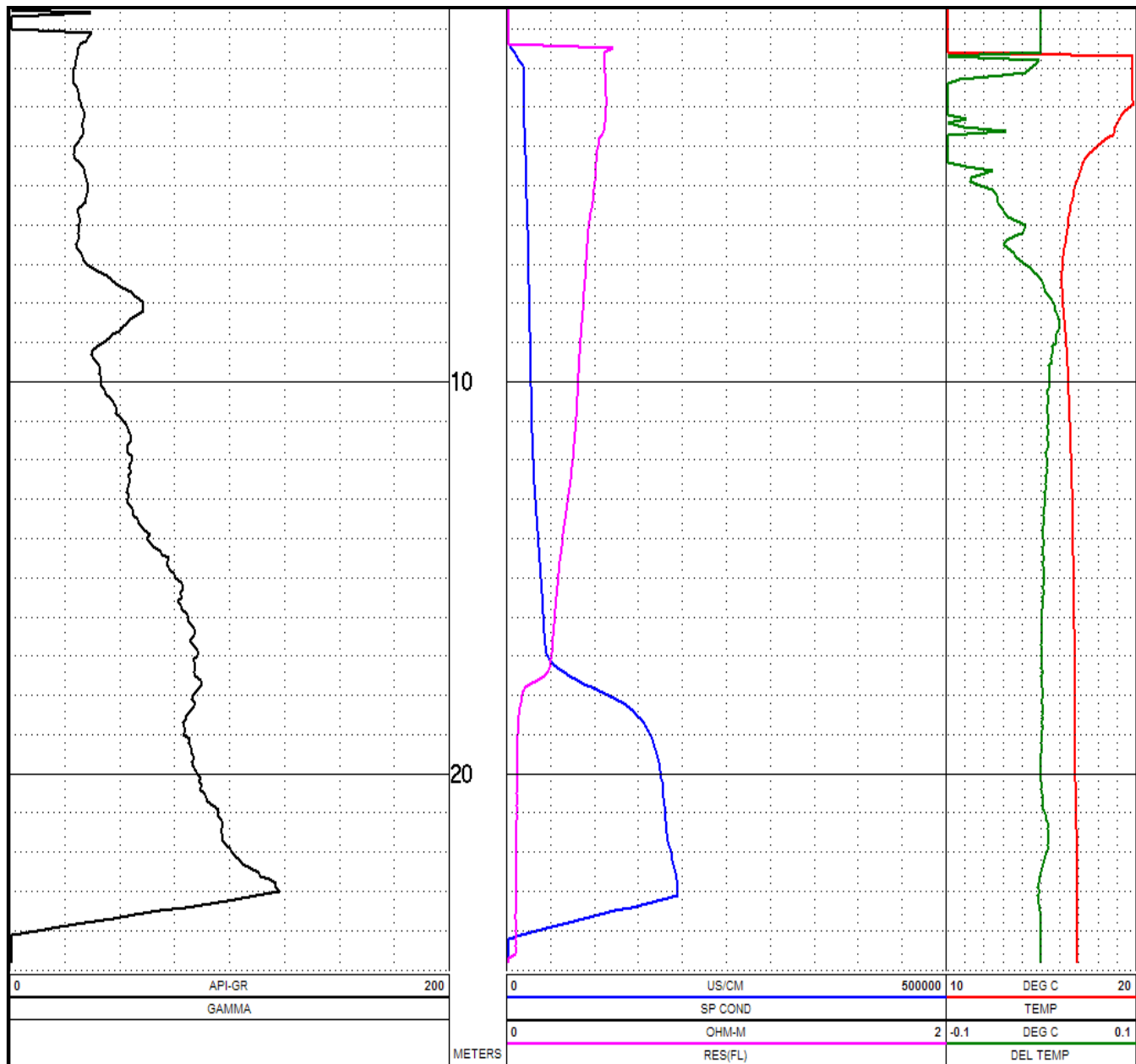




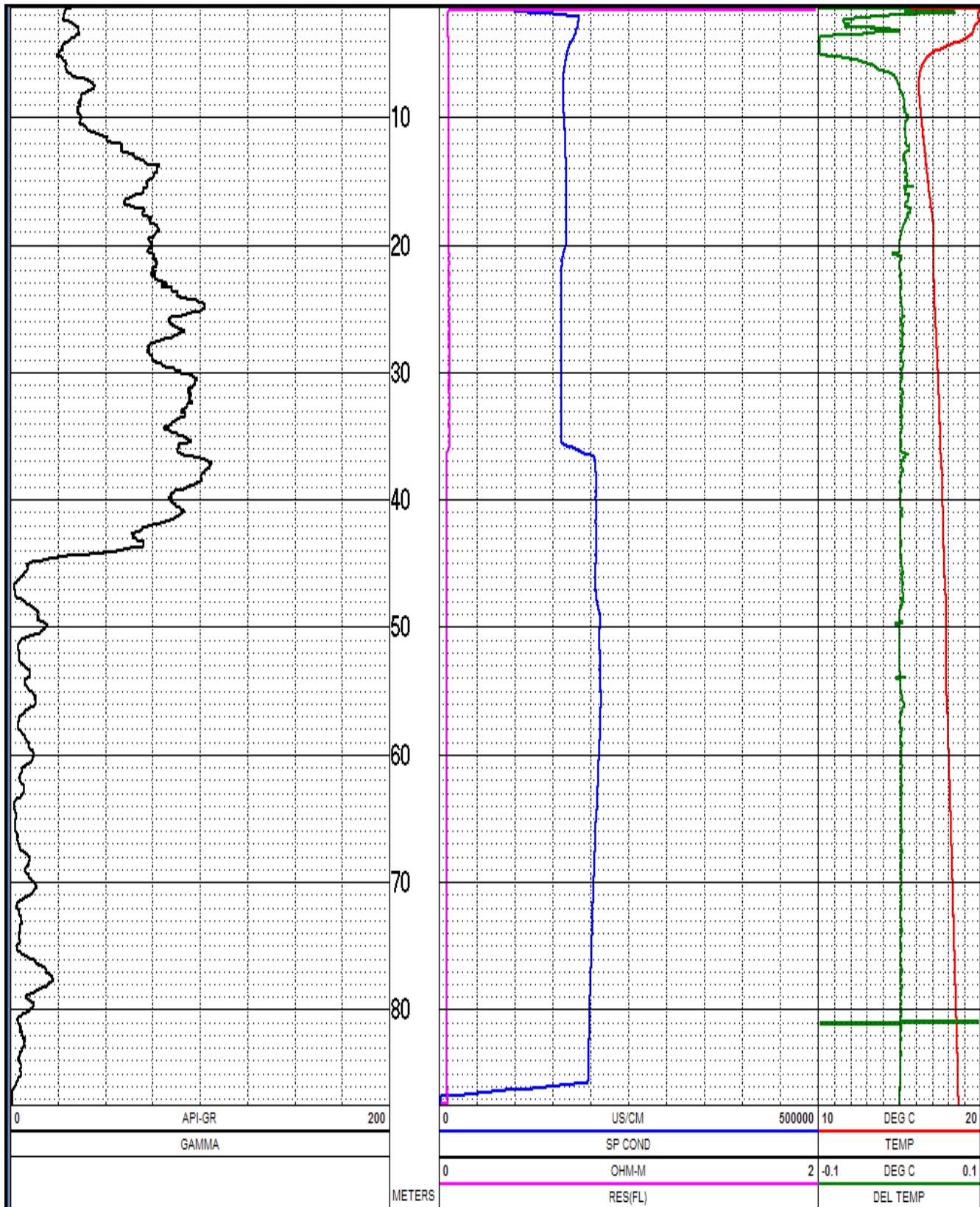
Sondeo: S-5



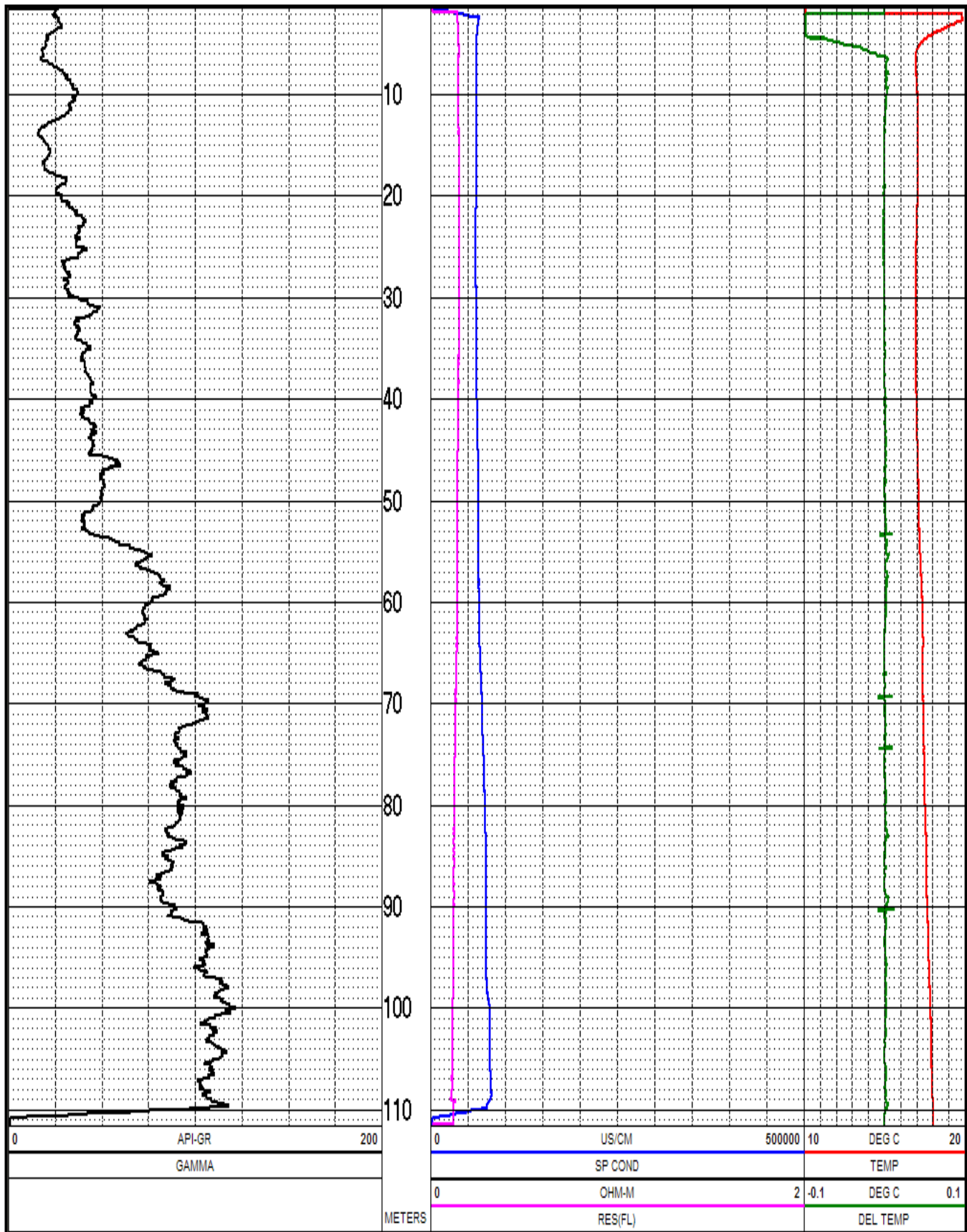
Sondeo: S-5B



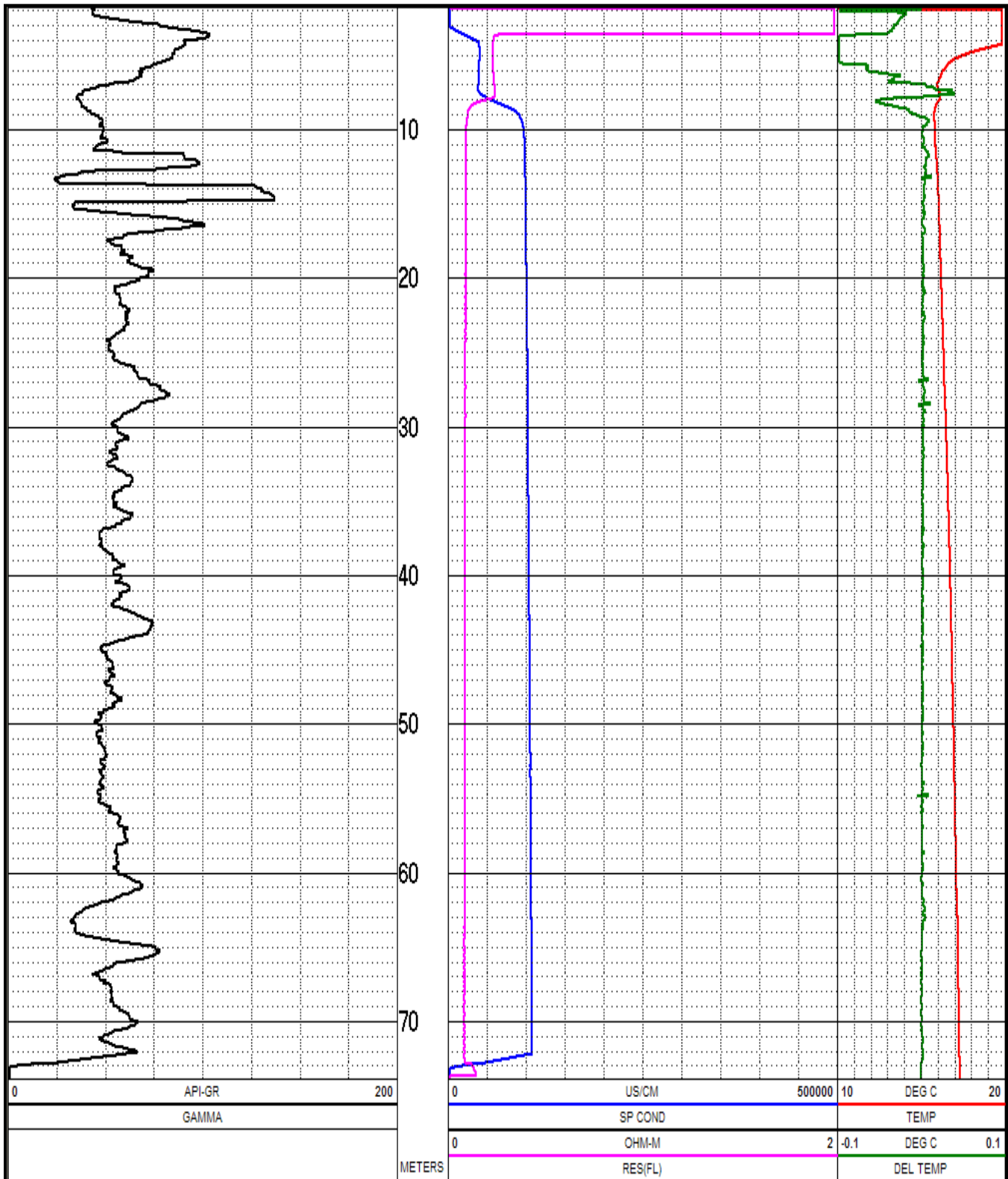
Sondeo 5 LAGUNA



Sondeo: S-6



Sondeo: S-6 RATOSA



### MEDICIÓN DE LOS AFOROS

Se llevó a cabo entre los días 28 de agosto y el 1 de septiembre.

En todas las mediciones realizadas estuvo presente personal del IGME.

Se adjuntan los documentos extraídos con todas las observaciones anotadas.



*Sondeo – Arroyo Santillan - 2*





*Sondeo Blancares – 9*





*Sondeo Cabreriza – 2*



*Sondeo Cantarrana – 1*



*Sondeo La Plata – 1*



*Sondeo La Ratosa*





*Sondeo La Serafina*



*Sondeo La Serafina – 2*



*Sondeo La Serafina – 9*



*Sondeo Los Piquetes – 2*





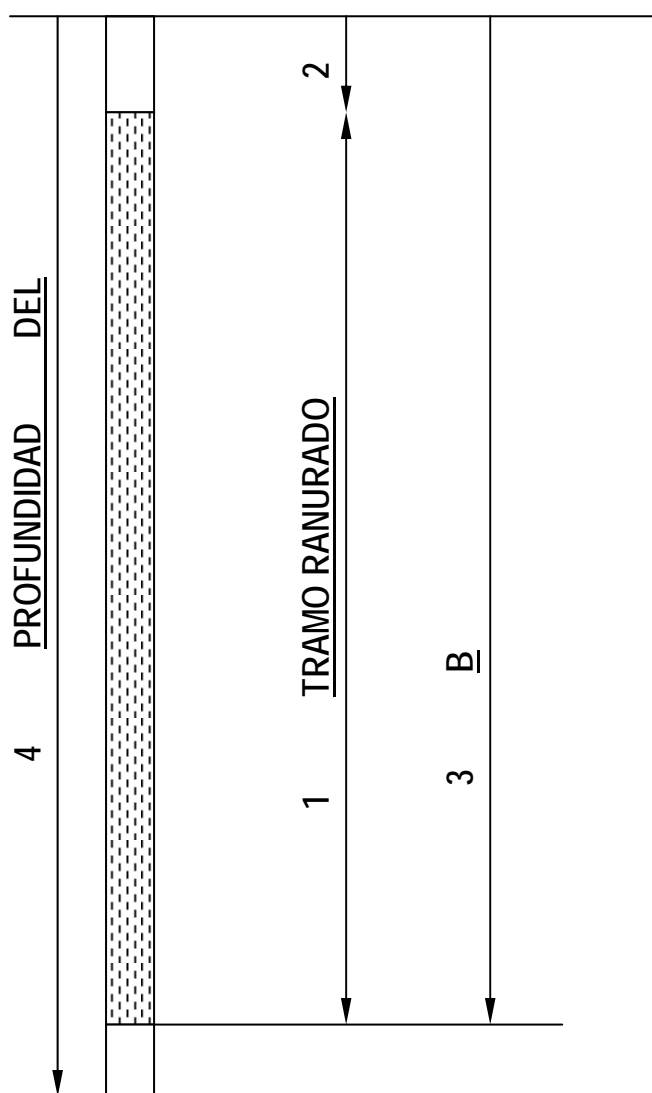
*Toma de muestras de suelos*

*Anexo*

*Documentos de los aforos*  
*(interpretación Patrizia Burdino – IGME)*

## ESQUEMA DE SONDEO

Los parámetros A y B indican profundidad del comienzo y fin del tramo ranurado (ver esquema y tabla adjunta)



### COMENTARIOS:

La profundidad real del sondeo (m) es la medida en la testificación geofísica hecha por CGS y la misma se indica en la tabla.

La bomba se situará a 5 m del fondo del sondeo, aproximadamente.

Profundidad de la bomba (m) = profundidad real del sondeo (m) – 4m *(se indica en la tabla)*

La ejecución de los trabajos de bombeo –limpieza / desarrollo y ensayo– comenzará en los pozos más profundos y terminará en los menos profundos *(la secuencia de ejecución se indica en la tabla)*

## LIMPIEZA Y DESARROLLO MEDIANTE BOMBEO

La limpieza y desarrollo el ensayo de los bombeos se ejecutarán según se detalla en el documento adjunto: "Limpieza Fuentedepiedra".

SECUENCIA DE EJECUCIÓN DEL BOMBEO	TOPONIMIA	X-UTM	Y-UTM	Termino municipal	Propiedad	Profundidad de la bomba (m)	Profundidad Real * (m)	Prof. Total P (m)	Prof. Ranuras A - B (m)
1°	Vista Hermosa - Blancares	345378	4114601	Fuente de Piedra	Privada El Labrador	115	120	120.0	3.0 - 118.0
2°	Laguna La Serafina	347634	4116527	Humilladero	Privada Santiago Illán	107	112.	110.0	3.0 - 108.0
3°	Desembocadura Ayo. Santillán	344826	4111407	Fuente de Piedra	Pública	95	100.	100.0	50.0 - 98.0
4°	Los Piquetes - La Rabita	341671	4105363	Fuente de Piedra	Pública	94	99.	100.0	3.0 - 98.0
5°	Laguna F. de P., La Plata	343184	4106768	Fuente de Piedra	Pública	83	88.	96.0	40.0 - 94.0
6°	Laguna F. de P., La Plata	343184	4106768	Fuente de Piedra	Pública	20	25.	25.0	2.0 - 24.0
7°	Cantarranas - Campos	340750	4108217	Fuente de Piedra	Pública	72	77.	80.0	3.0 - 78.0
8°	Laguna La Ratosa	348848	4118572	Humilladero	Privada Fco. Ángel Sánchez	69	74.	80.0	3.0 - 78.0
9°	Cuenca de Ayo. Los Arenales (Cabreriza)	338614	4108564	Fuente de Piedra	Pública	66	71.	84.0	3.0 - 82.0
No ejecutado	Sa. de Humilladero - Abastecimiento de Fuente de Piedra	347746	4108396	Fuente de Piedra	Ayto. de Fuente de Piedra	No ejecutado	No ejecutado	150.0	120.0 - 148.0

\* Profundidad Real (m): profundidad del sondeo medida en la testificación geofísica hecha por CGS

## ENSAYO ARENALES-CABRERIZA

Prof. Sondeo: 71 m

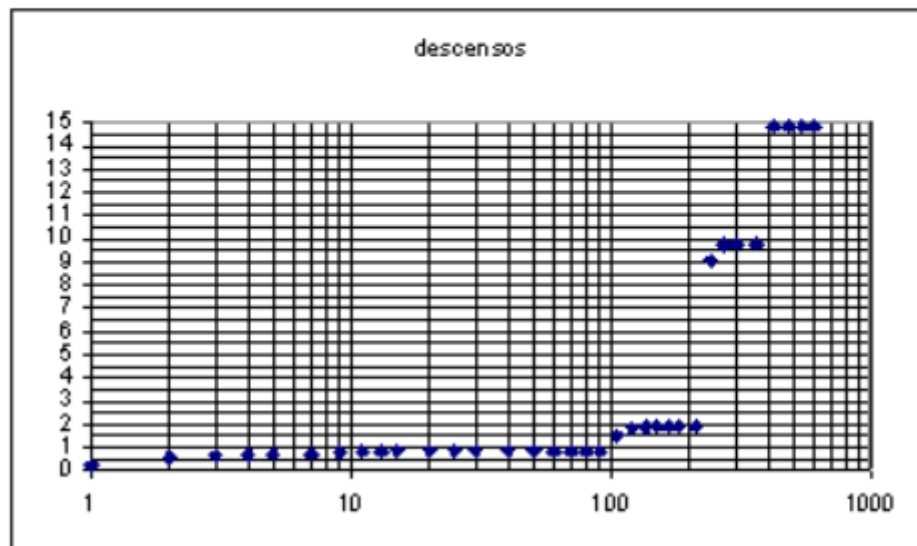
Prof. Rejilla: 69 m

Bombeo a caudal creciente, se emplean 4 caudales diferentes (0.2, 0.4, 1.25, 1.5).

**Descensos:** Si se observa la grafica de los descensos aparece claramente una tendencia a la estabilización de los niveles en los diferentes tipos de caudal aplicado. Se supone por lo tanto de estar en presencia de recarga continua y el acuífero parece comportarse como un mero trasmisor. La T ha sido calculada en la grafica de los descensos del primer escalón, utilizando el metodo de Jacob.  $T=18-24 \text{ m}^2/\text{día}$ .

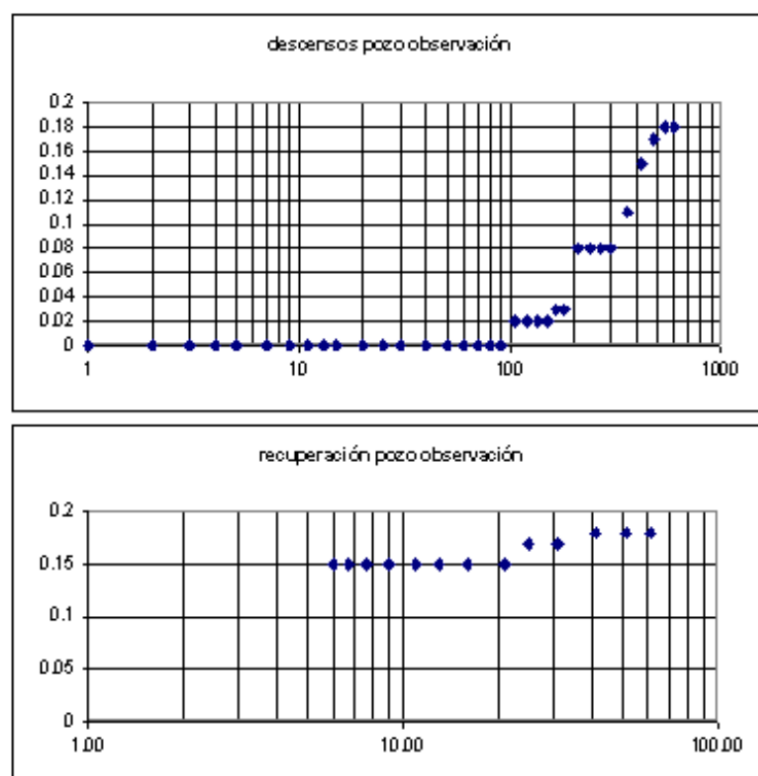
**Simplificado de Thiem(formula general):** se aplica al primer y segundo escalon, como radio de influencia en ambos casos se coge el doble de la distancia pozo-río y nos da una  $T=23 \text{ m}^2/\text{día}$  y  $20 \text{ m}^2/\text{día}$ , respectivamente. Distancia pozo-río=150m

**Recuperación:** En la grafica de recuperación se han cogido las tendencias de 2 curva, la recta nº 1 es la que mejor se acerque al cruce de los ejes. Con esta recta se ha sacado la  $T=11 \text{ m}^2/\text{día}$ . La recta nº 2 da una transisividad  $T=5 \text{ m}^2/\text{día}$ . Mirando los valores la T, la que he obetenido con la primera recta parece más fiable, aunque las T obtenidas con la recuperación hay que tomarlas con cautela debido a que se nota el efecto recarga.









# **ENSAYO CAITARRIAS**

Prof. Sondeo: 77 m

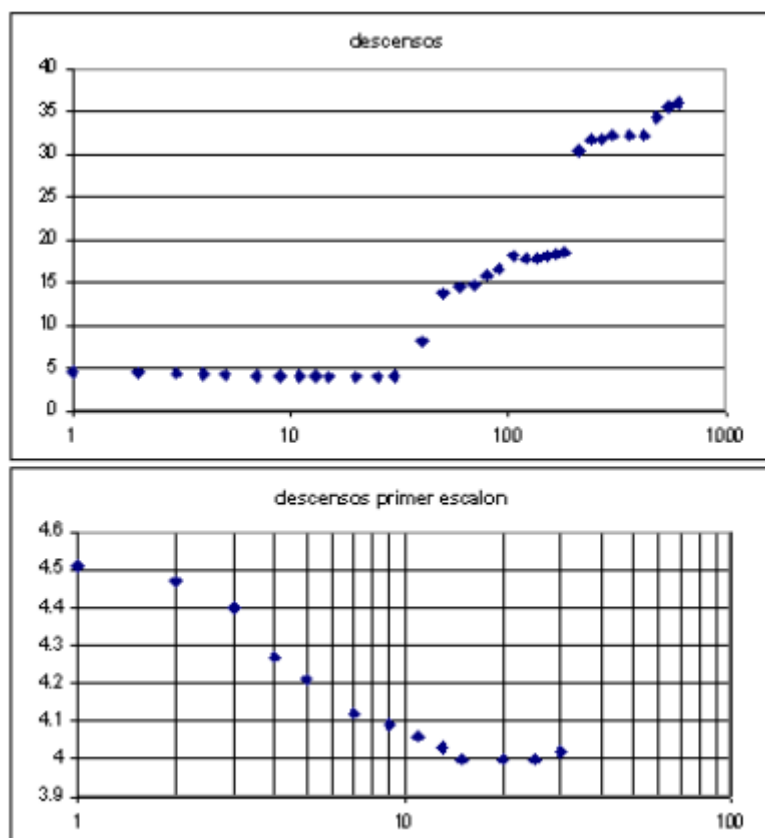
Prof. Rejilla: 72 m

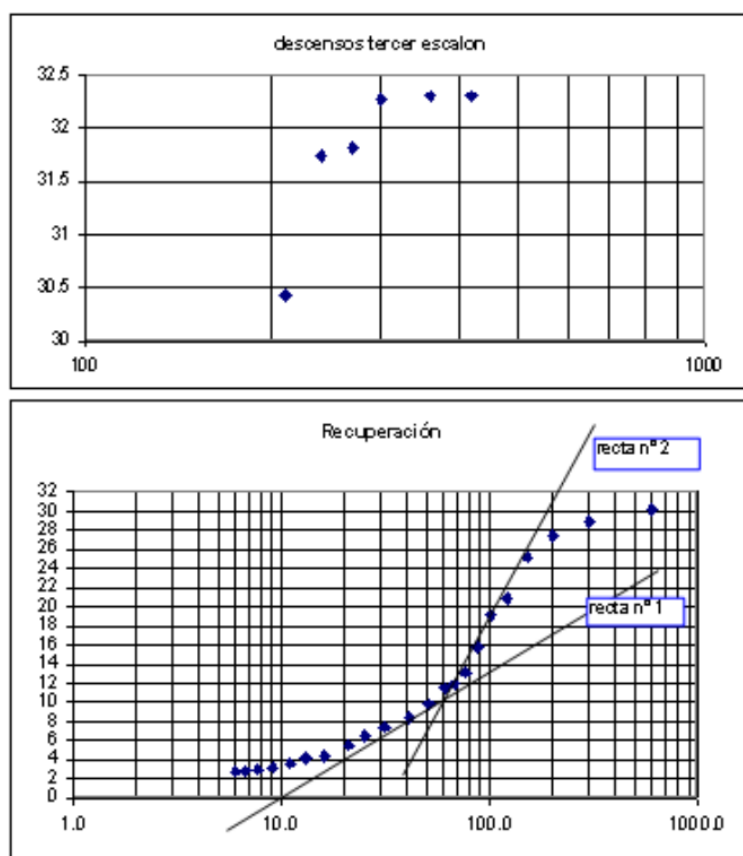
Caudal: ensayo con 4 caudales diferentes (0.4, 0.8, 1.2, 1.5 l/s).

Descensos: El primer escalón no puede ser interpretado, trend contrario. Se aplica la formula simplificada de Thiem al tercer escalón ya que en este caso parece que se estabilizan los niveles,  $T=2.5 \text{ m}^2/\text{dia}$ .

Se toma como radio de influencia el doble de la distancia laguna-pozo. Distancia laguna-pozo=20 m.

Recuperación: la primera recta me da un valor de la  $T=1.5 \text{ m}^2/\text{dia}$  y la segunda de  $0.5 \text{ m}^2/\text{dia}$ . Son más fiables los valores de la primera recta.





# **ENSAYO LA PLATA SOMERO**

**Pozo de bombeo:** La Plata somero

**Pozo de Observación:** La Plata profundo

El ensayo empieza despues del ensayo en la Plata 88 y cuando empeiza los niveles todavia no se han recuperado del todo, esto hay que tenerlo en cuenta a la hora de la interpretación.

Prof. Sondeo: 25 m

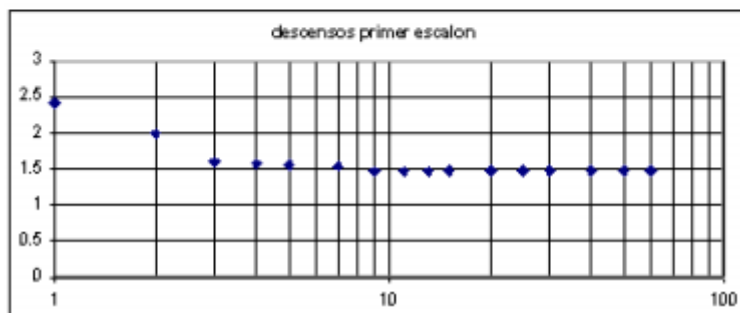
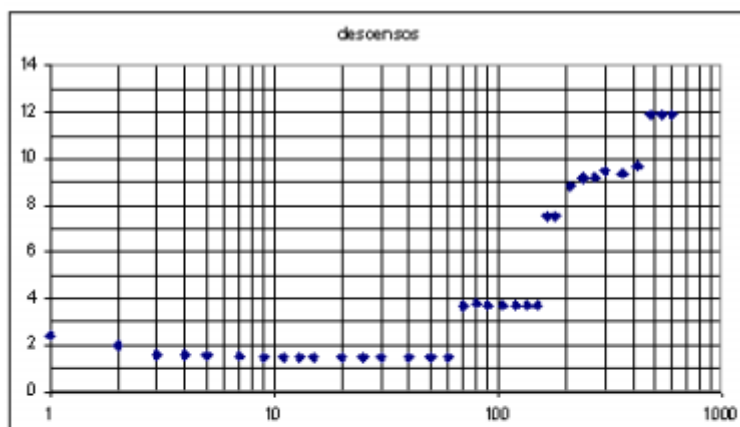
Prof. Rejilla: 20 m

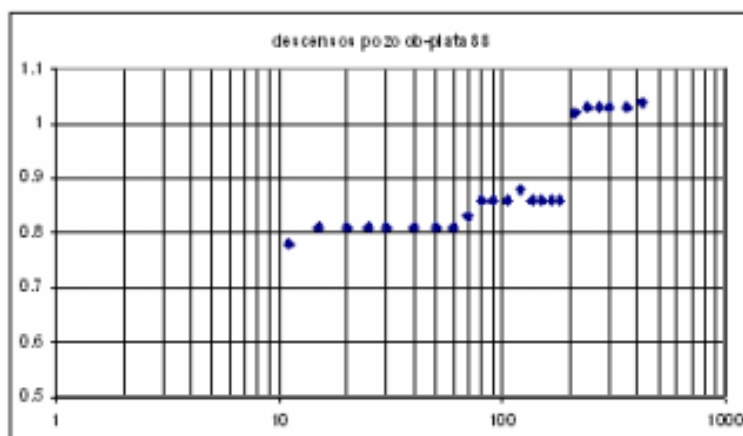
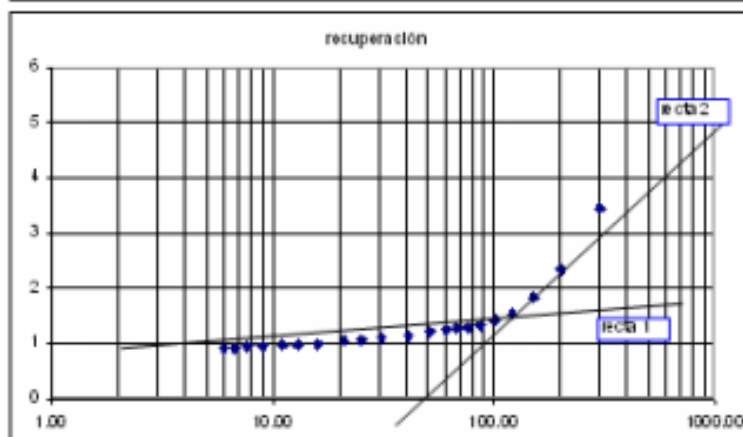
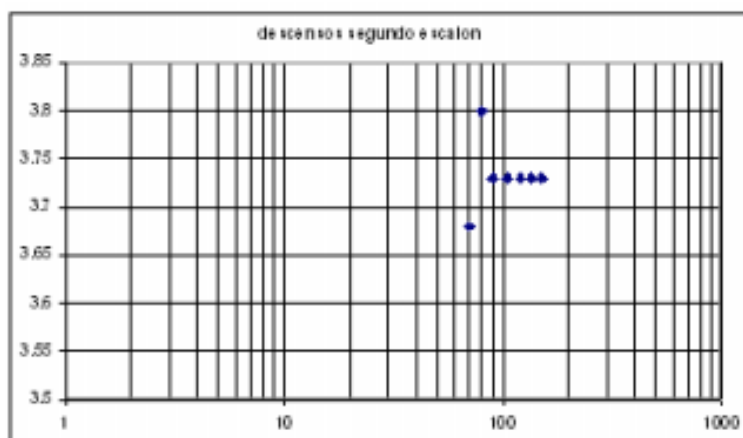
Caudal: ensayo escalonado, con caudales de 0.2, 0.4, 0.8, 0.9

Descensos pozo bombeo(25): Los descensos tienden a estabilizarse en seguida y el primer escalon tiene tendencia contraria a lo que debería. Se intenta hacer un tanteo con Thiem en el primer y segundo segundo escalón, obteniendo una  $T=9 \text{ m}^2/\text{dia}$  y  $T=7 \text{ m}^2/\text{dia}$  respectivamente. Distancia pozo-laguna 16 m. El radio de influencia se toma igual al doble de la distancia pozo-laguna.

Recuperación pozo bombeo: La recuperación no se pude interpretar, los valores obtenidos no son fiables.

Pozo de observación (88): Los descensos parecen ininterpretables ya que los niveles se estabilizan rapidamente y tampoco la recuperación es interpretable.





# ENSAYO LA PLATA PROFUNDO

Pozo de bombeo: La Plata profundo

Pozo de observación: La Plata somero

Los ensayo de los dos sondeos empiezan con el de La Plata 88, 20-09-2006, a las 7,30 y terminan a las 19,30 del mismo día (Después, a las 21 del día 20, se interoambian los pozos, aunque los niveles iniciales no se han recuperado del todo).

Prof. Sondeo: 88 m

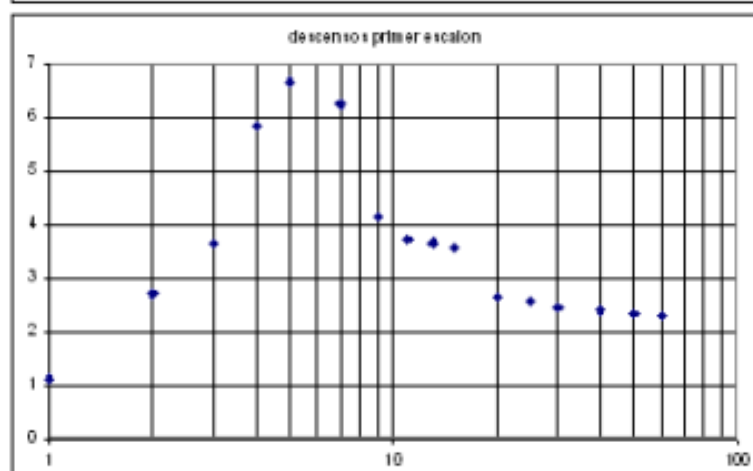
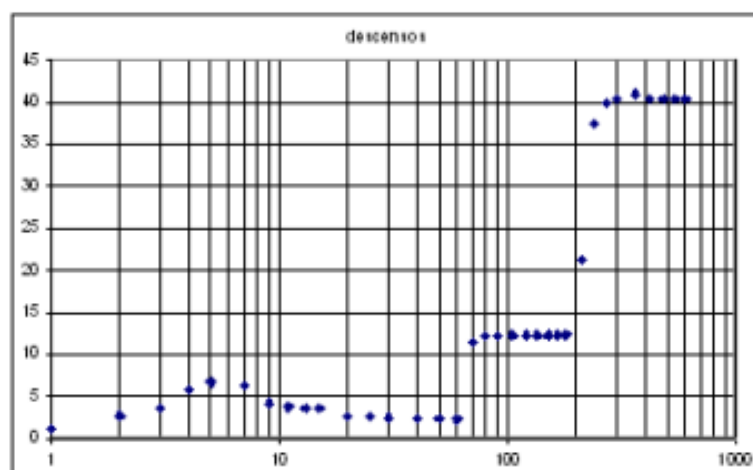
Prof. Rejilla: 83 m

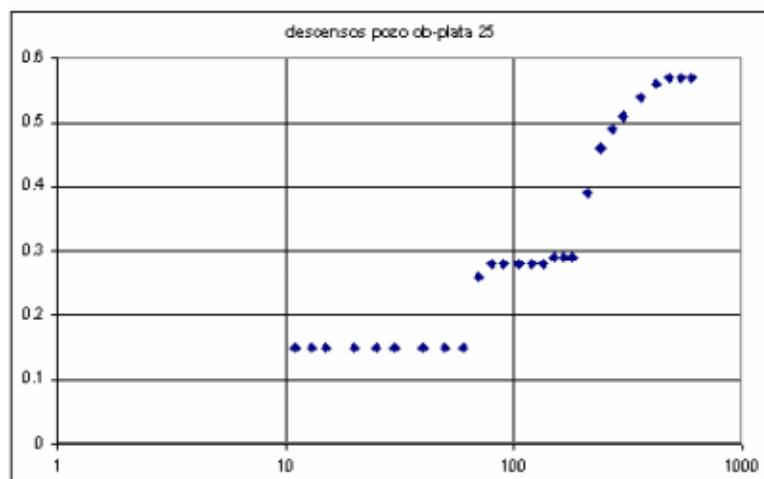
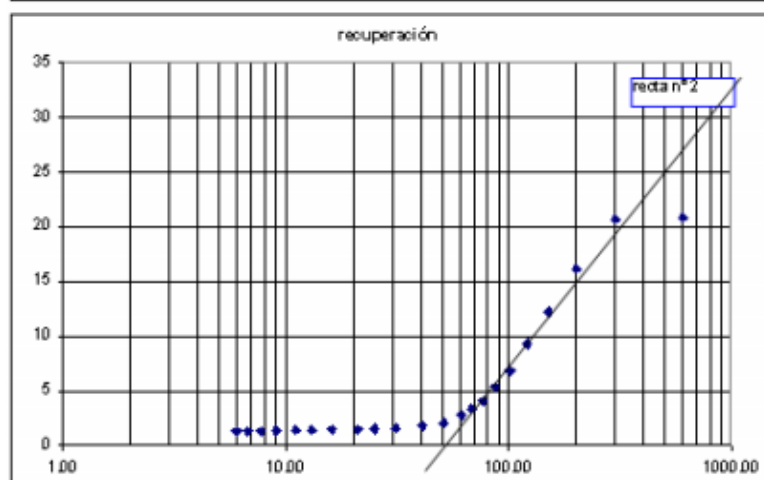
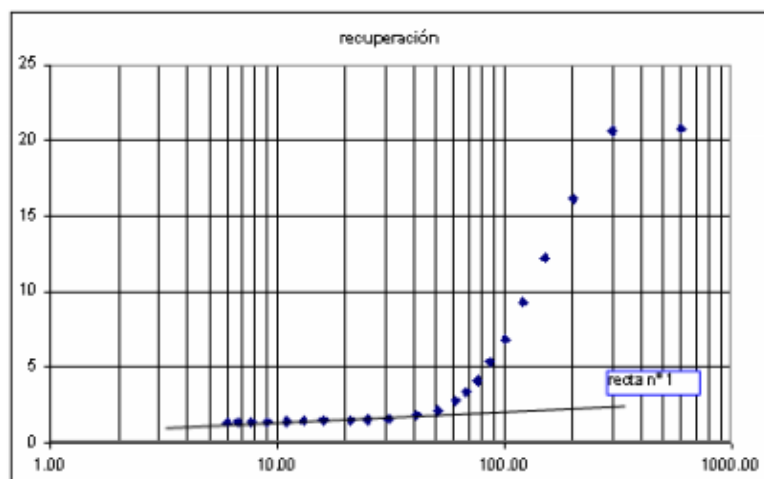
Caudal Variable: 0.4, 0.8, 1, 1.5.

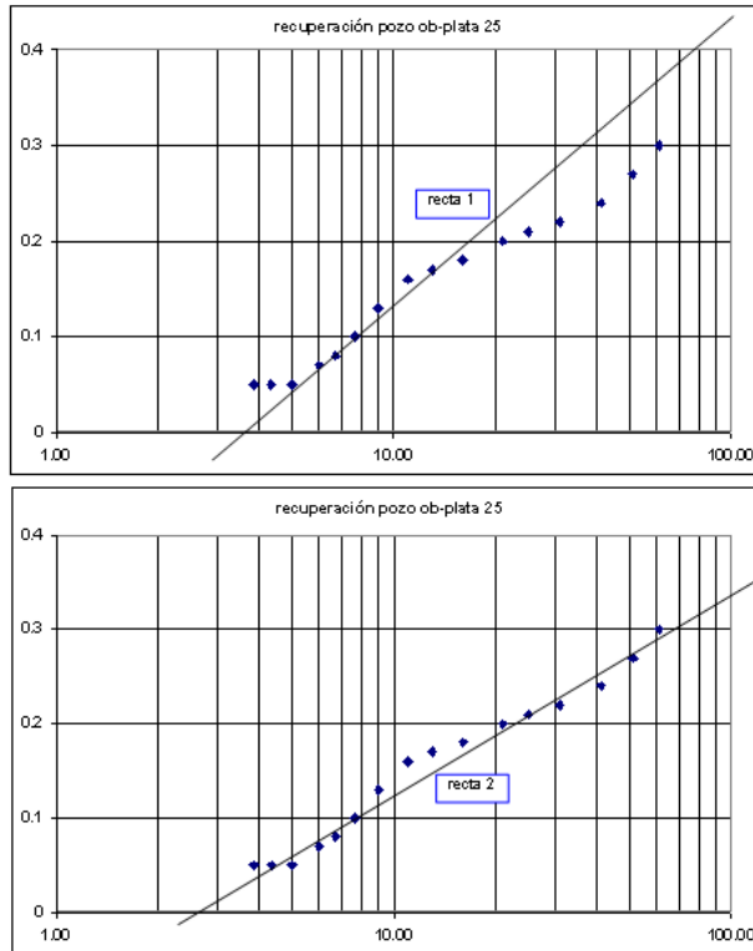
Descensos: Si se observa la grafica de los descensos se nota que los nivel se estabilizan en seguida por la presencia cercana de la laguna, por lo tanto es de difícil interpretación visto que el acuífero se comporta como un mero trasmisor. Lo mismo ocurre en el pozo de observación pero de manera más acentuada y de consecuencia ininterpretables. La interpretación por lo tanto no se efectua en el primer escalon de los descensos sino en el segundo y tercer escalon con el metodo simplificado de Thiem, obteniendo una  $T=4.5$  m(2)/dia en el segundo escalón y  $T=2.5$  m(2)/dia, como radio de influencia se considera el doble de la distancia laguna-pozo 34 m. Distancia laguna-pozo=17m y el radio el pozo =0.25 m.

Recuperación: La recuperación no es interpretable. Los valores obtenidos no son fiables.

Pozo de observación: Los descensos del pozo de observación son ininterpretables, al ser constantes, igual la recuperación.









# **ENSAYO LAGUNA LA RATOSA**

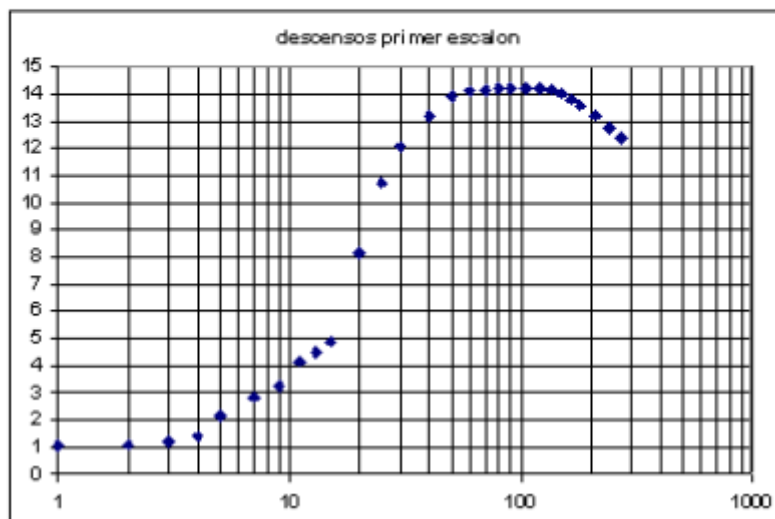
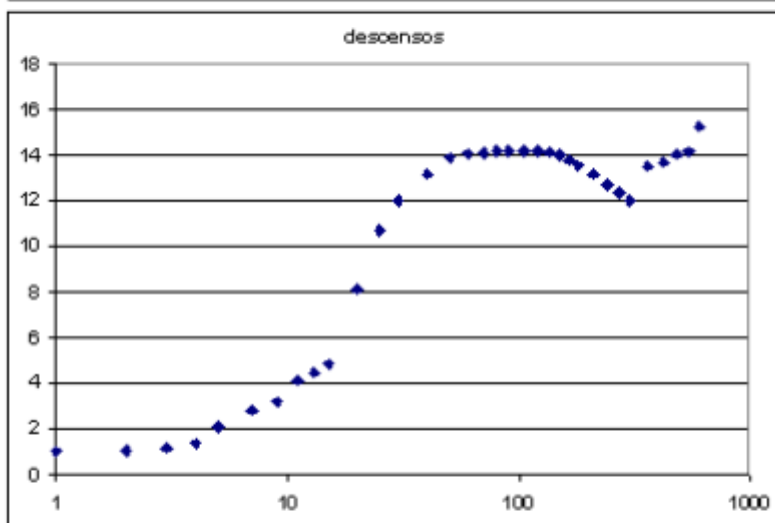
**Prof. Sondeo:** 74 m

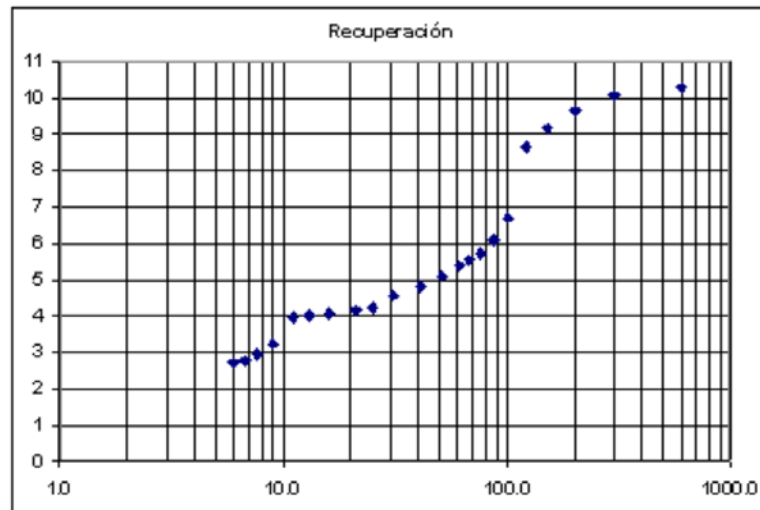
**Prof. Rejilla:** 69 m

**Caudal:** variable, creciente (0.3,1,1.5 l/s)

**Descensos:** Los descensos tienen un trend anómalo por lo tanto no se pueden interpretar

**Recuperación:** También la recuperación tiene un trend anómalo y no se puede interpretar.





# **ENSAYO LAGUNA LA SERAFINA**

Prof. Sondeo: 112 m

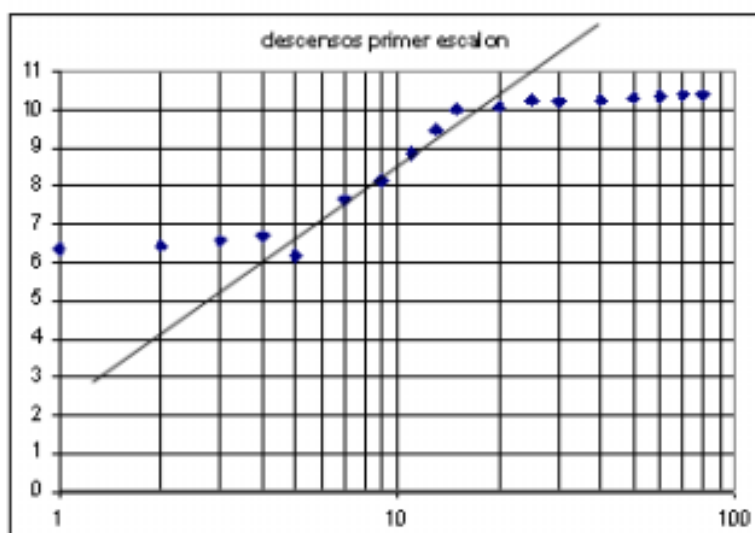
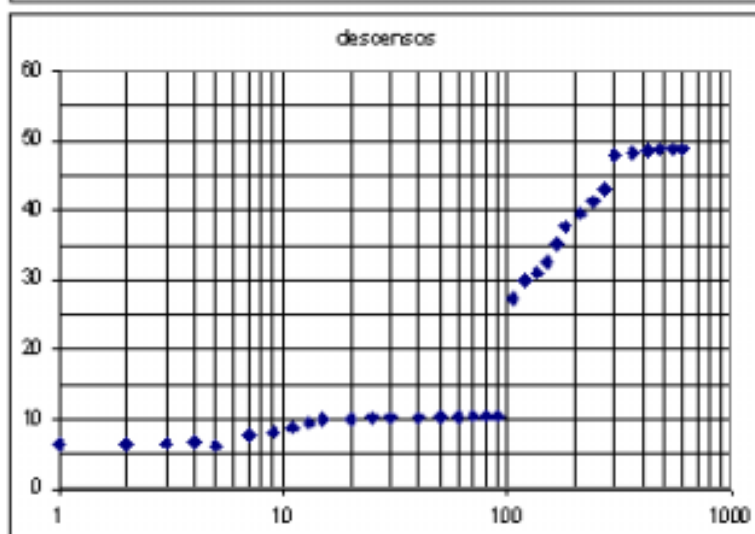
Prof. Rejilla: 107 m

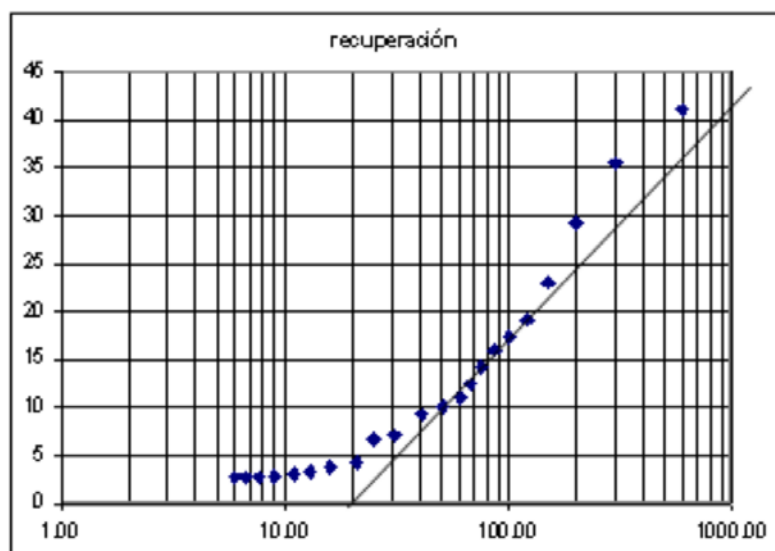
Caudal: ensayo a caudal variable 0.4, 1 l/s

**Descensos:** Los descensos llegan a estabilizarse denotando una recarga probablemente debida a la Laguna (aunque ahora se ve seca), por lo tanto el acuífero parece comportarse como un mero trasmisor. El calculo (Jacob) de la T se efectua en el primer tramo del primer escalon de los descensos,  $T=0,9 \text{ m}^2/\text{dia}$ . Tambien se cacula la T en el segundo escalon considerando una distancia igual al doble de la distancia pozo-laguna  $=20 \text{ m}$ , la T da un valor igual a 1,2. Distancia pozo-laguna  $=10 \text{ m}$ .

En síntesis se puede decir que estamos en un medio de baja transmisividad y que esta tiene valores alrededor de 1 o inclusive menor que 1 (no se puede valorar).

**Recuperación:** la recuperación denota un efecto recarga con una  $T=0,6 \text{ m}^2/\text{dia}$ .





# **ENSAYO LOS PIQUETES**

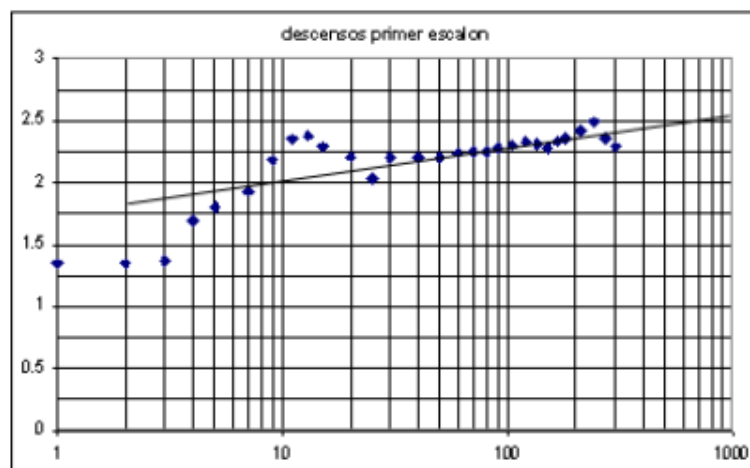
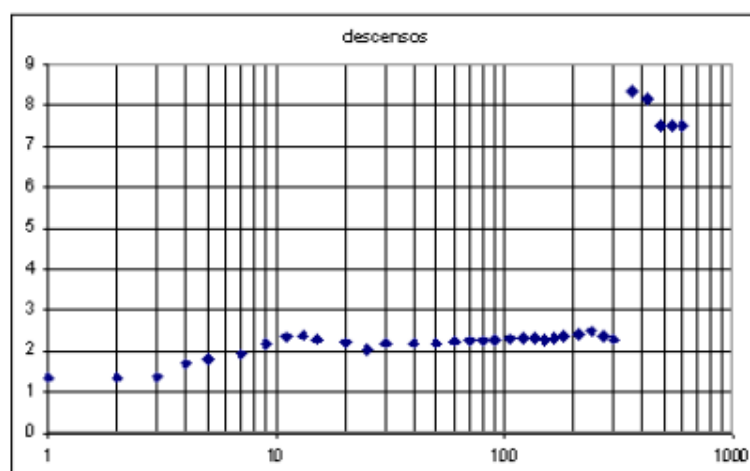
Prof. Sondeo: 99 m

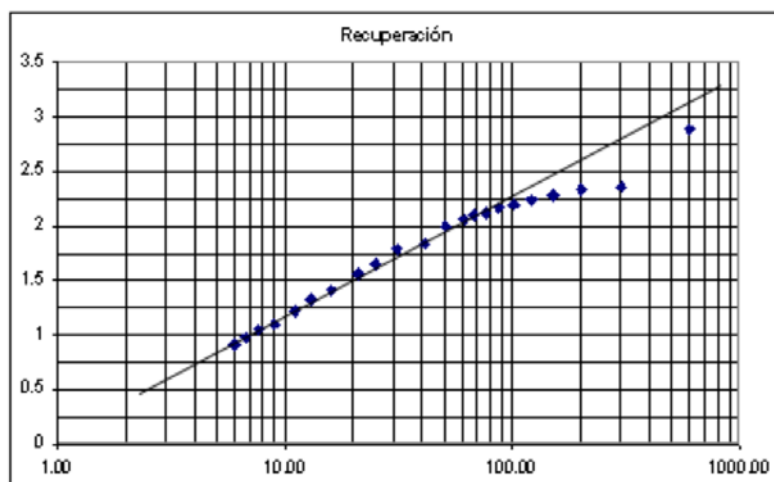
Prof. Rejilla: 94 m

Caudal: ensayo a caudal variable, 0.3, 1.5 l/s.

Descensos: La T se calcula en el primer escalon (Jacob) con un valor igual a  $T=16 \text{ m}^2/\text{día}$ . También se calculo el el segundo escalon con el simplificado de Thiem,  $T=19 \text{ m}^2/\text{día}$ , tomando como radio de influencia un valor medio de 550 m y radio del pozo= 0.25.

Recuperación: También la recuperación da un valor parecido  $T=14 \text{ m}^2/\text{día}$





# **ENSAYO VISTA HERMOSA:**

Prof. Sondeo: 120m

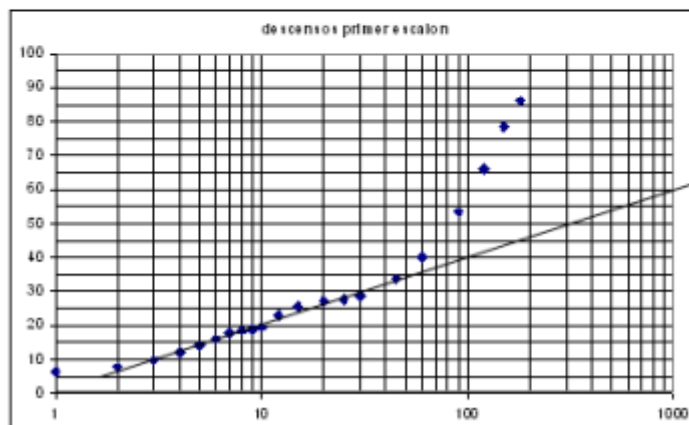
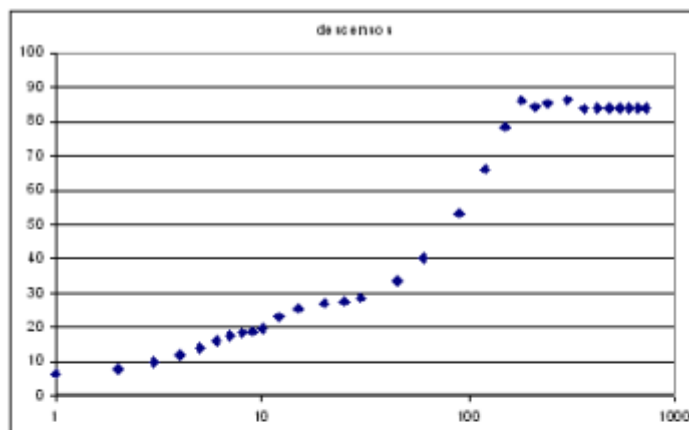
Prof. Rejilla: 115m

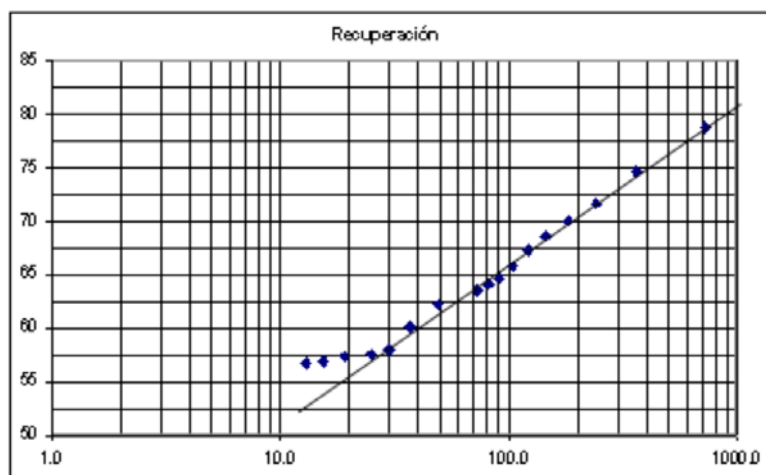
Bombeo a caudal decreciente (0.4-0.2-0.1), hasta los 210 minutos el caudal es de 0.4 l/s.

**Descensos:** Observando el primer escalón se nota que los puntos se distribuyen a lo largo de dos curvas en donde la segunda curva se define a partir del minuto 60. A partir de tal minuto los descensos empiezan a ser más empinados, alcanzando unos 85 m alrededor del minuto 180, a partir de tal momento los descensos se quedan estables (también disminuye el caudal). Se denota por lo tanto un efecto vaciado del acuífero que se evidencia también en la recuperación. La T se calcula con Jacob en el primer tramo de los descensos obteniendo  $T=0.3 \text{ m}^2/\text{día}$  (la T no es valorable). En general se puede decir que estamos en un medio de baja permeabilidad con  $T < 1 \text{ m}^2/\text{día}$ .

**Recuperación:** Si se observa la gráfica de la recuperación se puede apreciar que los valores se ajustan a una recta que no pasa por el origen sino que corta el eje de las ordenadas y por lo tanto se supone que se haya un vaciado del acuífero.

Los datos de la T calculada con la recuperación no son fiables debido al efecto vaciado, de todas formas, el valor es muy parecido al que se obtuvo con los descensos,  $T=0.2 \text{ m}^2/\text{día}$









*PROYECTO PARA LA REALIZACIÓN DE DOS SONDEOS DE  
INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y LA TOMA DE  
MUESTRAS DE SEDIMENTOS CUATERNARIOS  
LAGUNARES PARA LA EJECUCIÓN DE ESTUDIOS  
PALEOCLIMÁTICOS, EN LA CUENCA DE LA LAGUNA DE  
FUENTE DE PIEDRA (MALAGA)*

*JULIO 2007*

**CGS**

C/ Anabel Segura 11  
28108 Alcobendas (Madrid)  
Tel. 914 902 410 - Fax 916 624 296  
[cgs@cgsondeos.com](mailto:cgs@cgsondeos.com)

1	ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	2
2	TRABAJO DE PERFORACIÓN REALIZADO .....	4
3	TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA.....	6
3.1	SONDAS UTILIZADAS.....	6
3.1.1	CALIBRACIÓN DE LA Sonda 9042.....	6
3.1.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS .....	7
3.2	PROCESADO DE DATOS.....	10
3.2.1	REGISTROS GEOFÍSICOS.....	10
3.3	RESULTADOS OBTENIDOS .....	11

## 1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Los sondeos llevados a cabo y los testigos de sedimentos tomados atienden a los objetivos del proyecto del IGME “*PROYECTO PARA LA REALIZACIÓN DE DOS SONDEOS DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y LA TOMA DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS CUATERNARIOS LAGUNARES PARA LA EJECUCIÓN DE ESTUDIOS PALEOCLIMÁTICOS, EN LA CUENCA DE LA LAGUNA DE FUENTE DE PIEDRA (MALAGA)*”, con el que se pretende mejorar el conocimiento hidrogeológico e hidroquímico del complejo sistema hidrogeológico de Fuente de Piedra, así como apoyar a la gestión del mismo.

La realización de estos dos sondeos se justifica ante la necesidad de realizar estudios en la Cuenca de Fuente de Piedra con el objeto de establecer una red de piezómetros de control de esta cuenca, en áreas definidas de interés hidrogeológico. Los sondeos realizados son el complemento necesario a los sondeos de investigación anteriormente ejecutados. Así, contribuirán a la caracterización tridimensional del flujo en dos ámbitos fundamentales de la cuenca: el sondeo S2-1 en la zona de recarga de la Sierra de Humilladero y el sondeo S2-2 en la zona de descarga de La Plata, en el margen sureste de la laguna. Ello permitirá una adecuada caracterización del patrón de flujo de este complejo sistema hidrogeológico.

Es de interés resaltar que el sondeo de investigación emplazado en la Sierra de Humilladero, es de gran apoyo a la gestión hídrica de la cuenca pues permitirá seguir la evolución de los niveles piezométricos en el sector de la sierra afectado por el abastecimiento del pueblo de Fuente de Piedra. Así, se podrá monitorizar el impacto sobre los recursos hídricos de estas extracciones atendiendo con ello una inquietud del Ayuntamiento de Fuente de Piedra.

La información geológica e hidrogeológica resultante de estas perforaciones serán también una contribución de gran interés al conocimiento del sistema

Se quiere obtener la secuencia litológica precisa en los puntos indicados en el proyecto, identificar los tramos acuíferos, determinar el nivel o niveles piezométricos, las características hidroquímicas del agua y las constantes hidrodinámicas del acuífero. Para ello se ha programado la campaña de sondeos de rotación a destructivo que quedaran como pozos.

El presente informe se ocupa de los dos últimos sondeos perforados, uno de 25 metros en las cercanías del sondeo S-5 y denominado S-5B – S2-1- , y otro de 140 metros de profundidad, el S-10 – S2-2.

Las dos perforaciones realizadas se sitúan dentro del término municipal de Fuente de Piedra. Geográficamente se localizan en la hoja del Servicio Geográfico del Ejército, Escala: 1:50.000, nº 16-42 (1023), Antequera; siendo sus coordenadas UTM y cota altimétrica las siguientes:

- Sondeo S-5B, ó S2-1: Sierra de Humilladero -abastecimiento a Fuente de Piedra:-

X = 347746

Y = 4108396

Z = 480 m.s.n.m.

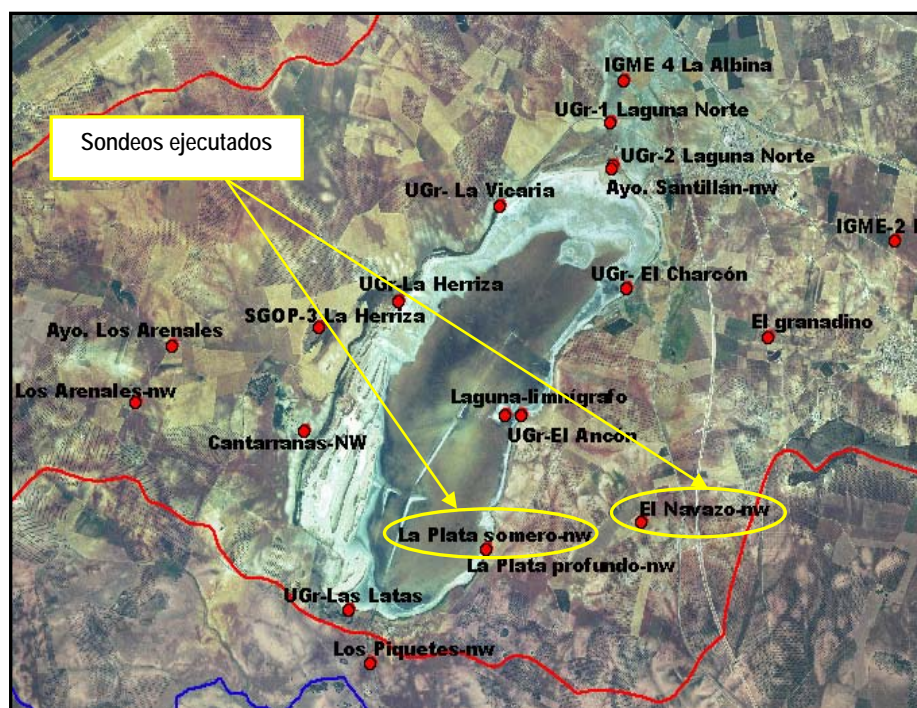
- Sondeo S-10 ó S2-2: La Plata -margen sureste de la laguna de Fuente de Piedra:-

X = 343184

Y = 4106768

Z = 410 m.s.n.m.

La situación de ambos en relación a la campaña anterior es la siguiente:



Una vez terminadas las perforaciones, éstas permanecerán como puntos de control piezométrico e hidroquímico.

## 2 TRABAJO DE PERFORACIÓN REALIZADO

Los trabajos de perforación se inician el día 3 de julio, perforándose 3 m con tricono de 12" entubando y cementando. A continuación se perfora con tricono de 6 ¼" hasta 29,10 m entubando con PVC engravillando y limpiando el sondeo. Los trabajos finalizan el día 4 de julio

A continuación reflejamos en un cuadro los datos más relevantes del sondeo:

TOPONIMÍA	X-UTM	Y-UTM	Termino municipal	Prof. Real (m)	Prof. Ranuras A – B (m)
Laguna F. de P., La Plata	343184	4106768	Fuente de Piedra	25.0	2.0 – 24.0

La perforación del sondeo S2-2 comenzó el 21 de Marzo de 2007. Los primeros seis metros se perforaron con 12½" y se entubó con 250 mm. Se continuó la perforación con 8½" hasta los 156 metros. Se perforaron 156 para poder bajar hasta los 150 entubando. Hubo en toda la perforación caídas de materiales al sondeo.

Los materiales cortados fueron margas, arcillas y alguna pasada de arena. Se recogieron muestras de la perforación cada metro y se introdujeron en bolsas perfectamente cerradas.

Los primeros metros de cada sondeo fueron extraídos con triple tubo, de forma que el testigo no se alterara con las paredes del sondeo y poder estudiar la flora y la fauna de ese tramo completamente inalterado. La recuperación fue del 100% en todos los casos.

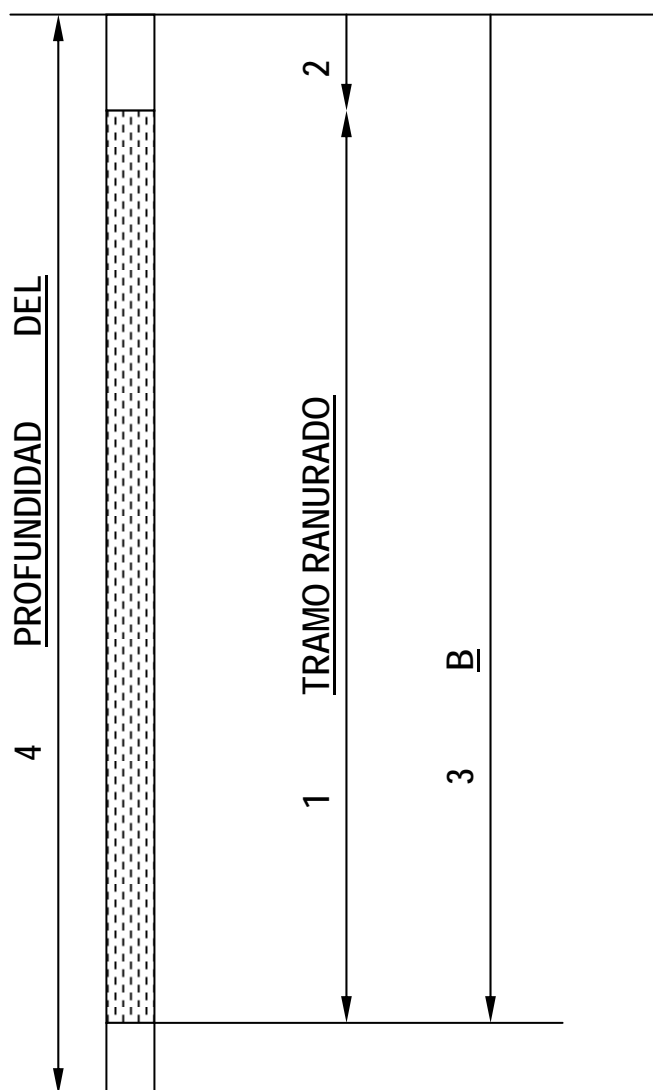
A continuación reflejamos en un cuadro los datos más relevantes del sondeo:

TOPONIMÍA	X-UTM	Y-UTM	COTA (msnm)	Termino municipal	Hoja 1:50.000	Prof. Total P (m)	Prof. Ranuras A – B (m)
El Navazo	345213	4107096	412	Fuente de Piedra	1023	150.0	120.0 -148.0

El gráfico a continuación nos indica el esquema del sondeo.

### ESQUEMA DEL SONDEO S2-2

Los parámetros A y B indican profundidad del comienzo y fin del tramo ranurado



### 3 TESTIFICACIÓN GEOFÍSICA

Se ha testificado el sondeo S-10, ubicado en el emplazamiento que figura en el plano de situación de la figura reseñada anteriormente.

El ámbito territorial de la zona de trabajo corresponde a la Cuenca Mediterránea Andaluza, distribuyéndose los sondeos en el término municipal de Fuente de Piedra.

Topográficamente el sondeo S-10 se localiza en la Hoja del Servicio Geográfico del Ejército, escala: 1:50.000, N° 16-41 (1006).

#### 3.1 SONDAS UTILIZADAS

Se ha utilizado la sonda 9042 (calidad del agua) cuyos parámetros figuran a continuación:

*Parámetros que registra la sonda 9042 (calidad del agua)*

- GAMMA NATURAL
- RESISTIVIDAD DEL FLUIDO
- CONDUCTIVIDAD
- TEMPERATURA
- DELTA DE TEMPERATURA

##### 3.1.1 CALIBRACIÓN DE LA SONDA 9042

Las sondas son calibradas por el fabricante antes de su distribución en el mercado y llegan al usuario perfectamente calibradas. Esta calibración es duradera en el tiempo en función del tipo de parámetro calibrado, así por ejemplo, la calibración del parámetro resistividad será más duradera en el tiempo que la del parámetro densidad, ya que la medida de densidad depende de una fuente radiactiva, que va perdiendo intensidad en el transcurso del tiempo y la medida de resistividad depende de los electrodos situados en la sonda y el cable, cuya fatiga y envejecimiento son los que van a condicionar el posible cambio de resistividad, que es prácticamente despreciable a medio plazo.

Todos los parámetros que registra la sonda 9042 han sido calibrados en los talleres de CGS, con la instrumentación apropiada para cada parámetro, a excepción del parámetro gamma natural que es calibrado en una formación tipo, dispuesta en un sondeo patrón artificial ubicado en EE.UU.

A continuación presentamos los valores de calibración obtenidos para la sonda 9042 efectuada el 1 de noviembre de 2005.

### Valores de calibración de la sonda 9042

Curve: GAM(NAT) Date: Nov01,05 09:53:33 Point 1 API-GR 0.000 CPS 2.000 Point 2 API-GR 283.000 CPS 293.000	Curve: RES(FL) Date: Nov01,05 09:53:38 Point 1 OHM-M 39.100 CPS 63805.000 Point 2 OHM-M 0.830 CPS 6945.000	Curve: TEMP Date: Nov01,05 10:00:09 Point 1 DEG C 4.167 CPS 74089.000 Point 2 DEG C 77.778 CPS 463800.000
--	---	--

### 3.1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS

Gamma Natural: Mide la radiactividad natural de las formaciones geológicas.

Los Rayos Gamma son ondas de energía electromagnética, emitida espontáneamente por los elementos radiactivos, como parte del proceso de conversión de masa en energía, o desintegración nuclear.

Cada isótopo radiactivo tiene unos niveles de emisión característicos. La energía emitida por una formación geológica es proporcional a la concentración en peso de material radiactivo que contiene. Es absorbida por la propia formación, en mayor grado cuanto mayor sea su densidad, por lo que la emisión recibida en la sonda es la que proviene de una distancia media no superior a los 0.3 metros.

En las rocas sedimentarias, los isótopos radiactivos se localizan fundamentalmente en las arcillas, mientras que las arenas limpias no tendrán emisiones de Rayos Gamma.

Los niveles de calizas y dolomías tampoco son radiactivos, mientras que las rocas ígneas, sobre todo el granito y las riolitas, tienen importantes concentraciones de isótopos de 40 k.

La sonda contiene un detector de centelleo que detecta las radiaciones que llegan a la sonda en la unidad de tiempo.

Las unidades empleadas son cuentas o eventos radiactivos detectados en la unidad de tiempo (c.p.s.). Puesto que no todos los detectores son iguales, se ha definido la unidad normalizada llamada "API", como una fracción de la lectura, expresada en unidades c.p.s., realizada por la sonda en una formación tipo, dispuesta en un sondeo patrón artificial en USA.

**Resistividad del fluido:** Mide la resistividad del fluido que rellena el sondeo. Su inversa es la Conductividad expresada en  $\mu\text{s}/\text{cm}$

La medida se realiza con una sonda que dispone de un resistivímetro/conductivímetro adaptado para medir en el lodo. La unidad de medida es ohm x m. En general este tipo de registro se obtiene durante el recorrido de descenso de la sonda, para no perturbar las condiciones estabilizadas del lodo.

Permite determinar el contenido de sales disueltas en el fluido que rellena el sondeo por lo que tiene aplicación (si las circunstancias en las que se efectúa la medida son adecuadas), para conocer la calidad



del agua de los acuíferos atravesados por el sondeo en un momento dado, así como su evolución en el tiempo.

En combinación con otros registros permite detectar zonas de fracturas.

**Temperatura:** Mide la temperatura del fluido que rellena el sondeo.

Se sabe que la temperatura de las formaciones aumenta con la profundidad, llamándose gradiente térmico al aumento de temperatura por unidad de profundidad.

El gradiente geotérmico es variable según la situación geográfica y según la conductividad térmica de las formaciones: los gradientes son débiles en las formaciones que tienen una alta conductividad térmica, y elevados en caso contrario.

La variación de temperatura puede ser también debida al aporte de acuíferos.

El registro se debe hacer durante el descenso, a fin de no romper el equilibrio térmico por una mezcla del lodo ocasionada por el paso de la sonda y del cable.

A continuación, en la figura 4, presentamos una ficha técnica con las características (peso, dimensiones, rango de lectura, dispositivo, presión, temperatura, velocidad del registro etc..) de la sonda 9042 (calidad del agua)

## Sonda 9042 (calidad del agua)

### Información general

La sonda 9042 es una sonda multiparamétrica que es capaz de medir 5 parámetros a la vez. Estos parámetros son: Gamma Natural, Resistividad del Fluido, Conductividad, Temperatura y Delta de Temperatura.

### Ubicación de los sensores

1. Resistividad del Fluido y Conductividad.
2. Gamma Natural.
3. Temperatura y Delta de Temperatura.

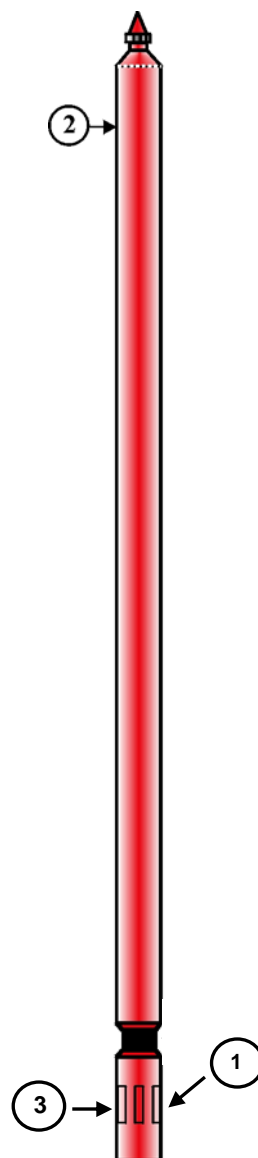
### Rango de respuesta de los sensores

- *Gamma Natural*: de 0 a 10.000 unidades API.
- *Temperatura*: de 0° C a 56° C.
- *Resistividad del fluido*: de 0 a 100 ohmios por metro.

### Especificaciones

- Longitud: 1.80 m
- Diámetro: 43 mm
- Presión: 233 Kg/cm<sup>2</sup>
- Temperatura: 56° C
- Peso: 8 Kg
- Voltaje requerido: 50 V (DC)
- Velocidad de registro: 9 m/minuto

*Sonda 9042 (calidad del agua)*

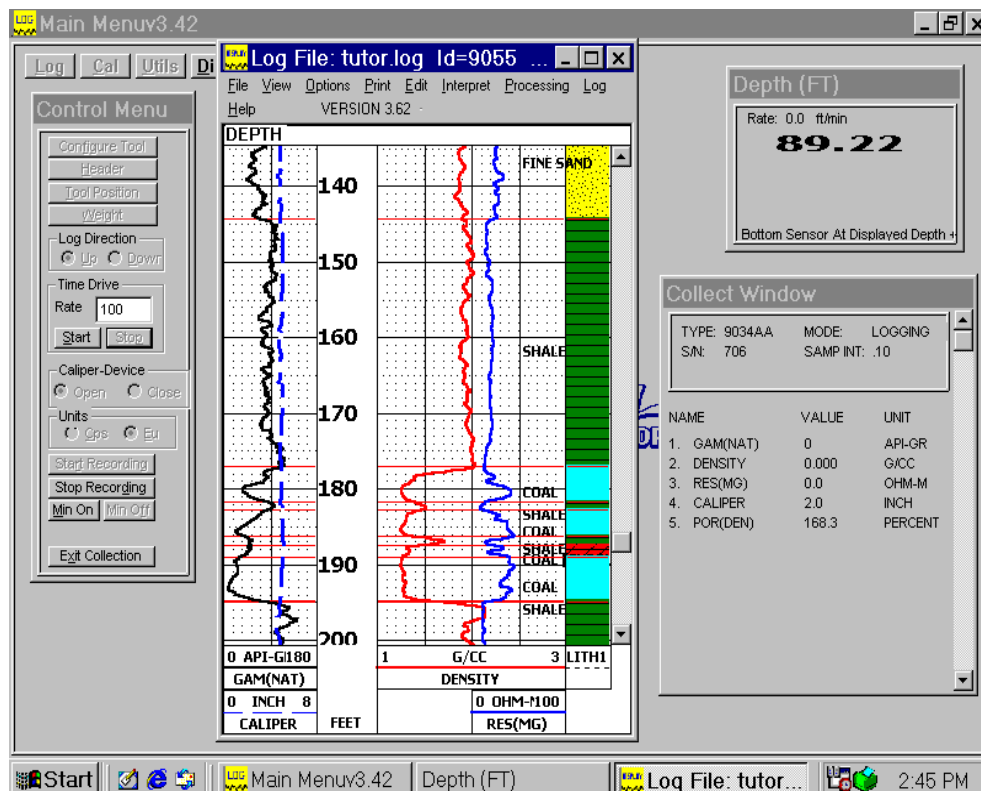


### 3.2 PROCESADO DE DATOS

Para realizar la toma de datos se ha empleado el programa LOG VI, de la casa *century geophysical corporation*, que registra los diferentes parámetros de cada sonda a intervalo de 0.10 metros.

Los datos obtenidos en la testificación geofísica con la sonda 9042 han sido procesados mediante el programa DISPLAY que, al igual que el programa de adquisición de datos, es de la casa *century geophysical corporation*. Este programa permite efectuar cualquier cálculo con las diagrfías registradas, así como la presentación y distribución de litologías.

A continuación, se presenta la ventana de trabajo de los programas LOG VI y DISPLAY



Ventana de trabajo de los programas LOG VI y DISPLAY

#### 3.2.1 REGISTROS GEOFÍSICOS

En el apartado de resultados figuran todas la diagrfía efectuada en el sondeo testificado con las siguientes escalas:

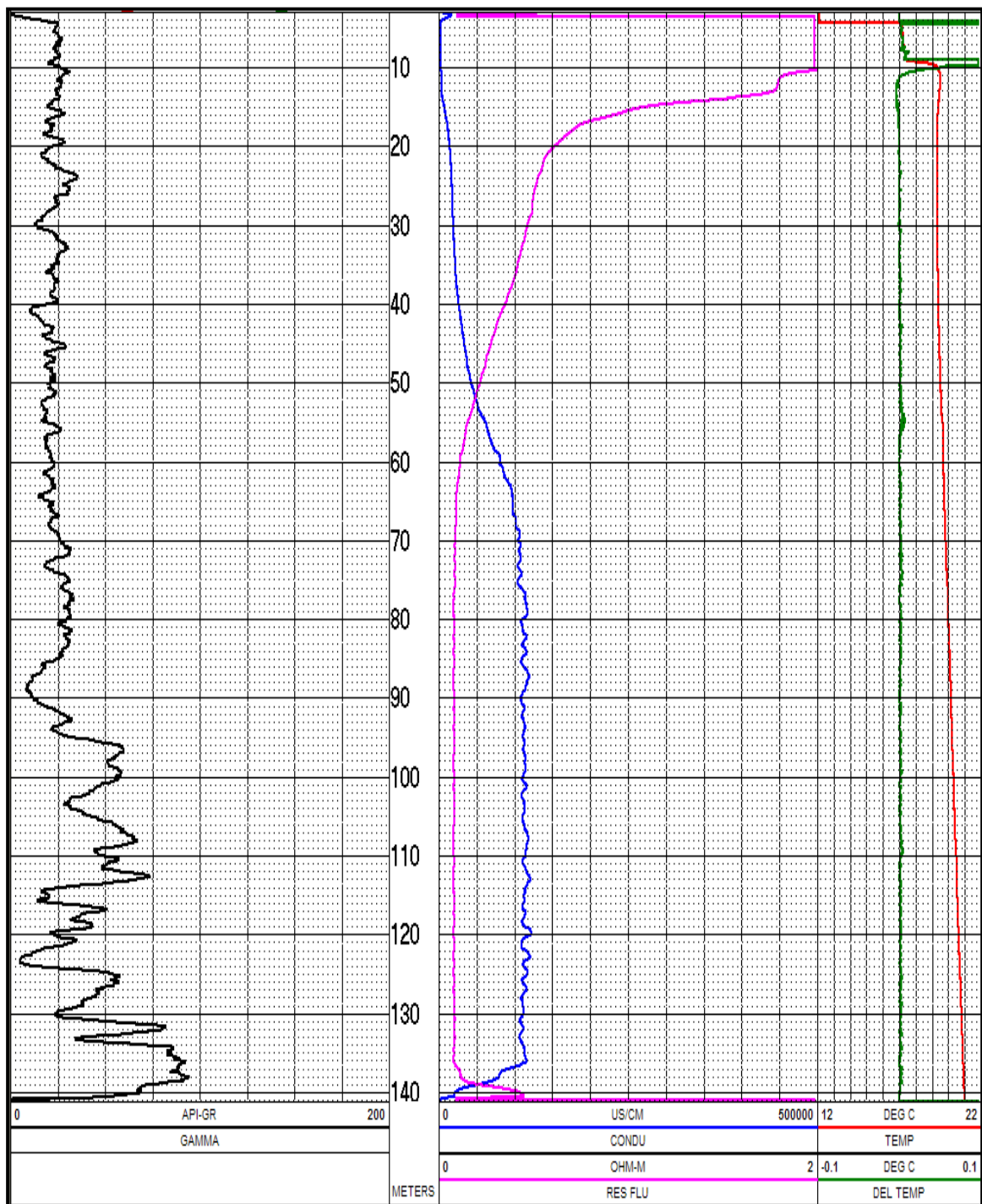
En la pista número uno se encuentra el registro de Gamma Natural con escala comprendida entre 0 y 200 unidades API. En la pista número dos la profundidad. En la tercera los registros de Conductividad y

Resistividad del Fluido con escalas que van de 0 a 500.000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , para la Conductividad, y de 0 a 2 ohm x m, para la Resistividad del Fluido. Por último, en la pista número cuatro figuran los parámetros de Temperatura (con escala de 10 a 20° C) y Delta de Temperatura (con escala de -0.1 a 0.1° C)

### 3.3 RESULTADOS OBTENIDOS

En este apartado presentamos de forma gráfica los resultados de la testificación geofísica efectuada en el sondeo S-10 donde figuran los parámetros de Gamma Natural, Conductividad, Resistividad del Fluido, Temperatura y Delta de Temperatura.

-





*Sondeo S2-1 terminado*



*Sondeo S2-2 en perforación*



*Sondeo S2-2 terminado*





*Toma de muestras de suelos*







## ANEXO III

GEOLOGÍA: Informe: Estudio micropaleontológico de diez muestras procedentes de diferentes sondeos de la zona de Fuente de Piedra (Málaga)



**ESTUDIO MICROPALAEONTOLÓGICO DE DIEZ MUESTRAS  
PROCEDENTES DE DIFERENTES SONDEOS DE LA ZONA DE  
FUENTE DE PIEDRA (MÁLAGA)**

**e**

**INFORME ADICIONAL**

**ESTUDIO REALIZADO PARA LA DIVISIÓN DE AGUAS DEL INSTITUTO  
GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

**Febrero y Junio de 2007**



## **ESTUDIO MICROPALEONTOLÓGICO ELEMENTAL DE ONCE MUESTRAS, PROCEDENTES DE DIFERENTES SONDEOS.**

### **Material recibido**

En Febrero de 2007 se recibieron catorce muestras, preparadas en forma de levigados, correspondientes a ocho sondeos realizados en la zona de la “Laguna de Fuente de Piedra”.

Por indicación del geólogo D. Alfredo García Domingo, de la División de Aguas del IGME, no se estudiarían las muestras correspondientes a la cota 12,50 m del sondeo nº 6 (Cantarrana).; y las correspondientes a las cotas 14,00 m. y 22,00 m del sondeo nº 8 (Serafina), de ahí que se recibieran 14 y se hayan estudiado 11.

Casi todas las muestras levigadas se recibieron divididas en tres bolsas, conteniendo el material > de 3 mm., > de 1mm., y la fracción > de 0,063 mm. Se observan las tres fracciones; las dos de mayor tamaño, para el reconocimiento litológico y la posible presencia de fragmentos de restos de fósiles grandes y rotos; y por último, la fracción fina que se estudiará mas profundamente ya que es aquella en la que se encuentra la mayor parte de los restos fósiles (foraminíferos principalmente), y por tanto donde se podrán estudiar.

Las muestras, como decíamos mas arriba, corresponden a 8 sondeos, cada una rotulada con el nombre identificativo del sondeo, así como con la profundidad correspondiente a cada muestra. Sin embargo, las bolsas con el contenido del levigado vienen referenciadas con otra numeración (probable codificación del laboratorio) y sin que se haga referencia alguna a la cota de profundidad, por ello, a la hora de pasar a describirlo, lo haremos poniendo el número del sondeo, nombre, profundidad, y a continuación, entre paréntesis, la referencia de cada uno de los levigados.

A continuación se hace la descripción de cada una de las muestras:

#### **Sondeo 1, ARENALES. -15,20 m. (06/397-01).-**

LEV. Las fracciones gruesas corresponden a margas arcillosas, de color ocre claro, algunos fragmentos con tono acaramelado.

En la fracción fina se observan fragmentos de marga, de tonos ocre, y que parecen margas recristalizadas; se observan algunos cristalitos que parecen corresponder a yesos, y algunos cristales de cuarzo, con aspecto corroído, que interpretamos como cristales de Jacinto de Compostela. No se observan restos fósiles claros. Dudosa presencia de Microcodium.

Edad: Indeterminada. Posible Paleógeno.

#### **Sondeo 2, PIQUETES.- 4,60 m. (06/397-02).-**

LEV. Las dos fracciones mayores, corresponden a margas arcillosas, de tonos ocre, rojizo y gris blanquecino, de aspecto recrystalizado, que probablemente le dan aspecto arenoso. En la fracción mas fina, la litología es semejante a la descrita, con mayor predominio de los fragmentos de tonos claros. Son frecuentes los cristalitos maclados, probablemente de yeso, escasos granos de cuarzo, y algunos cristalitos de Jacinto de Compostela; los granos de cuarzo en tamaño arena media-gruesa, redondeados. No se observan restos claros. Dudosa presencia de Microcodium.

Edad: Indeterminada. Posible Paleógeno

Sondeo 3, BLANCARES.-10,50 m. (06/397-03).-

LEV. Formado por fragmentos de marga dura, calcárea, ocre y rojizos; algunos granos ferruginosos; fragmentos calizos y algo de arena de cuarzo, de granos redondeados a subredondeados.

En la fracción fina, abunda arena heterométrica y mal clasificada, predominando los de talla fina-media, y de redondeados a subredondeados, algunos granos carbonatados y otros de óxidos de hierro; algún cristalito de Jacinto de Compostela. Escasísimos y dudosos restos rotos de dudosa atribución: *Globigerinoides? sp.*, *Globorotalia sp.*, *Globigerina sp.*

Edad: Terciario (Posible Mioceno)

Sondeo 3, BLANCARES.- 38,80 m. (06/397-05).-

LEV. Las fracciones gruesas corresponden a fragmentos de marga arcillosa de color gris verdoso; algunos fragmentos mas areniscosos; otros incluyen piritas; y en otros algunas micas.

En la fracción fina se observa, además, algún grano de yeso; algunos granos corresponden a pequeños aglomerados cristalinos; otros incluyen pirita; otros de calcita; y granos sueltos de mica blanca.

No se observan restos fósiles.

Edad: Indeterminada.

Sondeo 4, PLATA.- 12,30 m. (06/397-08).-

LEV. Las fracciones gruesas corresponden a fragmentos de margas calcáreas de colores diversos, color vino, verdosos, ocre.

En la fracción fina se observan algunos granos sueltos de arena de cuarzo; también algún cristalito de Jacinto de Compostela, aunque predominan los cristalitos de calcita.

No se observan restos fósiles

Edad: Indeterminada.

Sondeo 5, SANTILLÁN.- 30,60 m. (06/397-11)

LEV. Las fracciones mayores están formadas por fragmentos de margas arcillosas, algunos con aspecto recrystalizado, de colores ocre, rosáceos y blanquecinos. En la fracción fina, se reconocen fragmentos calcáreos de color caramelo; de marga dura blanquecina, junto con cristalitos de yeso; arena de cuarzo, redondeada, algunos cristalitos de cuarzo (no corresponden a Jacintos, ni en el color ni por el hábito de cristalización).

No se observan restos fósiles.

Edad: Indeterminada.

Sondeo 6, CANTARRANA.- 34,70 m. (06/397-16).-

LEV. La fracción más gruesa está formada por fragmentos de marga dura; algunos de estos fragmentos son algo arenosos en la fracción mayor de 1 mm. Son frecuentes los granos sueltos de cuarzo, así como algunos fragmentos calcáreos.

En la fracción fina, la práctica totalidad del residuo corresponde a arena de cuarzo, bastante homogénea, redondeada, con algunos fragmentitos de rocas carbonatadas; alguno de estos fragmentos podría corresponder a un pedazo de un bivalvo. Prácticamente azoica.

Edad: Indeterminada

Sondeo 7, RATOSA.- 20,60 m. (06/397-18).-

LEV. La fracción mayor de 1 mm, está formada por fragmentitos calcáreos que corresponden a pedacitos de restos: Moluscos y radiolas de Equínidos.

La fracción fina está formada por abundantes restos, entre los que se reconocen: *Catapsydrax dissimilis*, *Catapsydrax stainforthi*, *Globoquadrina venezuelana*, *Globigerinoides trilobus*, *Anomalina sp.*, *Siphonina reticulata*, *Cassidulina subglobosa*, *Nodosaria sp.*, *Gyroidina sp.*, fragmentos de Lamelibranquios, radiolas de Equínidos y algún Ostrácodo.

Edad: Mioceno inferior

Sondeo 8, SERAFINA.- 33,20 m. (06/397-23).-

LEV. Solamente tenemos la fracción fina, y está formada por un “puré de Globigerínidos”. En general los restos están mal conservados. Se reconocen *Globigerina af. gortanii*, *Catapsydrax sp.*, *Globoquadrina af. venezuelana*, *Globorotalia sp.*, *Gyroidina sp.*

Edad: Eoceno superior-Mioceno inferior (Probable Oligoceno-Mioceno basal).

Sondeo 8, SERAFINA.- 77,45 m. (06/397-26).-

LEV. Las dos fracciones mayores están formadas por fragmentos calizos, alguno de ellos parece corresponder a pedazos de restos fósiles. La fracción fina es idéntica, solo que los fragmentos son mas pequeños; escasísimos restos rotos de: *Lagena sp.*, *Nodosaria sp.*, *Globigerina sp.*, *Planulina sp.*, *Nonion sp.*, *Cibicides sp.*, *Hastigerina? af. micra*, *Porticulasphaera? sp.*, *Parrella? sp.*, Radiolarios .

Edad: Indeterminada. Posible Eoceno superior

### **CONCLUSIÓN Y RESUMEN.-**

A los sondeos 1 y 2 (Arenales y Piquetes respectivamente), se les ha atribuido una edad Indeterminada, y en función de la posible presencia de *Microcodium*, se les ha atribuido una posible edad Paleógena, y más concretamente al Paleoceno-Eoceno. La litología de ambos sondeos parece bastante idéntica.

El sondeo 3, Blancares, es atribuido al Terciario, pero debido a la posible presencia de *Globigerinoides sp.*, forma típica desde la base del Mioceno al Actual, se le puede atribuir una posible edad de Mioceno inferior, para la parte superior de dicho sondeo (cota 10,50 m.), mientras que para la parte inferior del mismo (cota 38,80 m.), no tenemos criterio alguno para una posible atribución cronoestratigráfica.

En los sondeos 4 (Plata) y 5 (Santillán), no tenemos criterio, ni paleontológico ni de facies para una posible atribución, por lo que quedaría como edad Indeterminada.

En el sondeo 6 (Cantarrana), a la parte más alta estudiada (cota 34,70 m.) se le atribuye una edad Indeterminada; sin embargo, la litología nos recuerda mucho a la de las “facies de las Areniscas del Aljibe”, siendo este criterio litológico (homogeneidad y redondeamiento de los granos) el que nos hace pensar en dicha atribución.

En la parte inferior de este mismo sondeo (cota 62,30 m.), los restos más modernos corresponden al Mioceno con resedimentación, al menos del Senoniense superior y del Eoceno.

Al sondeo 7, Ratosa, se le atribuye una edad Mioceno inferior, que seguramente se reduzca al Aquitaniense-Burdigaliense basal. No hemos encontrado fauna más moderna que indicara que los elementos vistos estuviesen resedimentados.

Por último, en el sondeo 8, Serafina, a la parte superior estudiada (cota 33,20 m.) se le atribuye una edad Eoceno superior-Mioceno inferior, aunque pensamos que la edad probable sea la de Oligoceno-Mioceno basal. En cuanto a la parte inferior, le atribuimos una posible edad de Eoceno superior, en función de los restos, que como la mayoría de los estudiados no están bien conservados.

Madrid, Febrero de 2007

**Fdo: Luis Granados Granados**

## **ESTUDIO MICROPALAEONTOLÓGICO ELEMENTAL, Y ADICIONAL ANTERIOR, DE CUATRO MUESTRAS, PROCEDENTES DE VARIOS SONDEOS.**

Se han recibido a finales de Mayo de 2007 cuatro nuevas muestras (láminas transparentes) correspondientes a tres sondeos: Sondeo nº 4 (una muestra); Sondeo nº 7 (dos muestras), y Sondeo nº 8 (una muestra), todos ellos realizados en los alrededores de la laguna de Fuente de Piedra (Málaga). Las láminas recibidas parecen estar teñidas con Rojo de Alizarina para diferenciar los carbonatos cálcicos de los carbonatos magnésicos.

A continuación se describe cada una de las muestras recibidas:

### **Sondeo 4.- 69,80 m.**

Lámina transparente:- Dolopelmicrita arcillosa, recristalizada en grano fino-muy fino; algo de calcita rellenando algunas fracturas; algún poro. No se observan restos fósiles.

Edad: Indeterminada

### **Sondeo 7.- 46,80 m.**

Lámina transparente.- Caliza arcillosa, fosilífera (biomicrita), que parece el denominado “puré de Globigerínidos”. Se reconocen: *Globigerina* sp., *Globigerinoides* af. *trilobus*, *Globigerinoides* sp., *Turborotalia (Globorotalia)* sp., *Catapsydrax* sp., algunos huecos, algún grano de cuarzo en tamaño limo; algún grano de colofana y algo de materia orgánica.

Edad: Mioceno inferior

### **Sondeo 7.- 77,15 m.**

Lámina transparente.- Una parte de la preparación, corresponde a un estromatolito algal que engloba a algunos Globigerínidos sueltos y que se encuentran silicificados, al igual que pequeñas fracturillas; igualmente, en algunos puntos parece englobar fragmentos de la caliza micrítica que ocupa el resto de la preparación y que corresponde a una caliza micrítica y fosilífera en la que se reconocen: Radiolarios, *Globigerina* sp., *Turborotalia (Globorotalia)* sp., *Globigerinoides?* sp., algunos granos de limo de cuarzo.

Edad: Oligoceno superior-Mioceno inferior (Posible Mioceno inf.)

**Sondeo 8.- 60,10 m.**

Lámina transparente.- Micrita arcillosa con fósiles, frecuentes huecos, y algunos granos de colofana. Se reconocen restos de Radiolarios, espículas, Globigerínidos?.

Edad: Indeterminada. Posible Mioceno inferior

En Madrid a 7 de Junio de 2007.

Fdo: Luis Granados Granados







## ANEXO IV

- HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS:
- a. Tabla: datos de hidroquímica de la cuenca de la laguna de Fuente de Piedra (Málaga)
  - b. Tabla: datos de isótopos de la cuenca de la laguna de Fuente de Piedra (Málaga)





PUNTO	Um-X	Um-Y	Cota	Prof	NOMBRE	Profundidad (m)	Profundidad bombas (m)	Clsif/	ID	Fecha Muestreo	Conduc. (µS/cm)	Conduc. (µS/cm)	TDS	R.S. 180°C	densidad relativa	DOO	pH	δ <sup>18</sup> O <sub>sm</sub> (‰)	δ	d	Trit	T <sub>err</sub>	C-14	C-14 Em	C-13 (1)	C-13 (2)	δ <sup>15</sup> N <sub>2</sub> (‰)	δ <sup>13</sup> C <sub>org</sub> (‰)		
1642-2-314	347746	4108396	480.00	149	Abast Fuente Piedra	100	721	AJB	100	15/07/2003	780	721	567			7.53	5.70	-41.70	3.64	2.24	0.42			88.61	0.35	-8.48	-10.72			
1642-2-314	347746	4108396	480.00	149	Abast Fuente Piedra	100	754	AJB	100	24/02/2004	754	754	568			0.4	6.99	-5.78	-40.00	43.18										
1642-2-314	347746	4108396	480.00	149	Abast Fuente Piedra	100	668	AJB	100	21/09/2006	668	668	477				7.42	6.00	-45.10	2.90	2.40	0.43		49.13	0.82	-10.24	-10.56			
1642-2-257	3494545	4108189	477.00	116	Abast Humilladero	100	749	AJB	100	15/07/2003	749	655	511				7.42	6.00	-45.10	2.90	2.40	0.43								
1642-2-257	3494545	4108189	477.00	116	Abast Humilladero	100	625	AJB	100	24/02/2004	625	625	483				6.75	-5.85	-39.70	7.90	2.23	0.34								
1642-2-327	349538	4108162	478.00	150	Abast Humilladero NUEVO	100	780	AJB	100	24/02/2004	780	780	578				6.99	-5.81	-38.30	10.18	2.45	0.34								
1642-2-327	349538	4108162	478.00	150	Abast Humilladero NUEVO	100	675	AJB	100	20/04/2005	675	675	537			1.0	7.90	-6.06	-40.00	8.48	1.95	0.41								
1642-2-327	349538	4108162	478.00	150	Abast Humilladero NUEVO	100	639	AJB	100	19/09/2006	639	639	474				0.5	7.90	-6.14	-42.88	8.48	1.76	0.39							
1641-7-14	350558	4115674	485.00	65	Abast Los Cangrejales-La Camorra	100	283	AJB	100	20/04/2005	283	350	350				8.10	-6.40	-41.21	9.98	3.09	0.47								
1642-2-253	349535	4115675	485.00	65	Abast Los Cangrejales-La Camorra	100	438	AJB	100	20/04/2005	438	438	350				8.10	-6.40	-41.21	9.98	3.09	0.47								
1642-2-308	351302	4110434	522.00	249	HUM-Ferrolas	100	937	AJB	100	15/07/2003	937	417	512				7.42	-5.89	-41.31	6.82	2.53	0.53								
1642-2-313	344982	4112484	412.83	21	IGME La Albricia	100	5450	INB	101	15/07/2003	7400	5450	4044				7.44	-5.30	-37.20	3.70										
1642-6-a	351302	4110434	522.00	249	HUM-Ferrolas	100	1219	AJB	100	15/07/2003	1200	1219	860				7.42	-5.70	-40.60	5.00	1.42	0.39								
1642-6-a	351302	4110434	522.00	249	HUM-Ferrolas	100	1700	AJB	100	15/07/2003	1700	1700	1126				7.61	-5.80	-41.20	5.20	1.04	0.68								
1642-6-b	349866	4107241	547.00	200	HUM-Ganancia	100	885	AJB	100	15/07/2003	885	824	619				7.44	-4.10	-33.80	-0.80										
1642-6-b	349866	4107241	547.00	200	HUM-Ganancia	100	630	AJB	100	15/07/2003	630	630	498				8.11	-5.90	-38.20	9.00										
1642-3-109	350781	4113074	458.10	40	IGME-3-Molina Santillan	100	575	AJB	100	20/09/2006	575	647	431				0.4	7.60	-6.02	-43.69		1.53	0.47							
1642-3-109	350781	4113074	458.10	40	IGME-3-Molina Santillan	100	607	AJB	100	20/09/2006	607	607	431				0.4	7.60	-6.02	-43.69		1.53	0.47							
1642-3-117	352181	4113267	482.00	130	Abast Molina "Los Olivares"	100	599	AJB	100	29/10/2008	757	600	599	489			0.7	7.70	-6.22	-41.77										
1642-3-117	352181	4113267	482.00	130	Abast Molina "Los Olivares"	100	718	AJB	100	29/10/2008	718	600	572	479			0.7	7.60	-6.16	-40.69	1.48	0.32								
1642-3-118	350684	4113011	460.00	100	Abast Molina 1 - Santillan	100	660	AJB	100	29/10/2008	660	542	570				7.62	-6.10	-38.20	10.60	1.30	0.38								
1642-3-a	352727	4113096	489.00	90	MOLINA NW-1	100	662	AJB	100	15/07/2003	730	660	579				7.62	-6.10	-38.20	10.60	1.30	0.38								
1642-1-34	3439090	4109257	428.80	14	Ayo Los Arenales	100	2294	INB	101	20/04/2005	2294	2294	1420			2.2	7.60	-4.88	-36.11	2.93	5.48	0.75								
1642-2-250	3453200	4113720	420.00	20	Cortijo Vista Hermosa	100	5660	INB	101	22/07/2004	5660	5660	3351				7.81	-5.62	-38.60	6.36	5.48	0.53								
1642-2-250	3453200	4113720	420.00	20	Cortijo Vista Hermosa	100	6090	INB	101	28/09/2006	6313	6090	370			2.0	7.50	-5.53	-39.11											
1642-2-250	3453200	4113720	420.00	20	Cortijo Vista Hermosa	100	5974	INB	101	21/04/2005	5974	5974	3665			4.2	7.50	-5.31	-37.11	15.37	2.09	0.42								
1642-2-250	3453200	4113720	420.00	20	Cortijo Vista Hermosa	100	4234	INB	101	22/04/2005	4234	4234	2572			3.7	7.60	-5.33	-36.61	6.03	1.39	0.42								
1641-6-36	343503	4115219	469.92	50	El Rubio - Los visos (sordido)	100	5400	INB	101	20/09/2006	5423	5400	3822			5.4	7.90	-5.86	-40.41											
1642-2-253	347310	4110910	445.00	82	Fabrica Acetunas	100	1205	INB	101	15/07/2003	1205	1270	925				7.87	-5.60	-38.30	6.30	3.43	0.47								
1642-2-253	347310	4110910	445.00	82	Fabrica Acetunas	100	1438	INB	101	22/07/2004	1438	1438	905				8.02	-5.81	-40.41	6.30										
1642-1-19	348055	4108804	400.00	90	IGME La Albricia - Ganeriza	100	974	INB	101	20/04/2005	974	1804	1871			5.2	7.60	-5.36	-38.30	6.30	3.43	0.49								
1642-1-19	348055	4108804	400.00	90	IGME La Albricia - Ganeriza	100	1804	INB	101	20/04/2005	1804	1804	1871				7.60	-5.36	-38.30	6.30	3.43	0.49								
1642-2-313	344982	4112484	412.83	21	IGME La Albricia	100	7400	INB	101	15/07/2003	7400	5450	4044				7.44	-5.30	-37.20	3.70										
1642-2-313	344982	4112484	412.83	21	IGME La Albricia	100	8460	INB	101	27/02/2004	8460	7400	4613				7.05	-4.38	-36.00											
1642-2-313	344982	4112484	412.83	21	IGME La Albricia	100	7963	INB	101	20/09/2006	7963	7120	4414			2.8	7.30	-5.30	-38.73											
1642-2-312	348517	4110539	444.72	42	IGME La Coneja	100	1969	INB	101	15/10/2003	1969	1969	1318				7.90	-4.87	-36.60	2.36										
1642-2-312	348517	4110539	444.72	42	IGME La Coneja	100	2072	INB	101	22/07/2004	2072	1969	1318				7.97	-4.49	-36.95	6.97										
1642-2-312	348517	4110539	444.72	42	IGME La Coneja	100	2880	INB	101	22/07/2004	2880	1767	1767				7.96	-5.57	-38.60	7.66										
1642-2-312	348517	4110539	444.72	42	IGME La Coneja	100	1647	INB	101	20/04/2005	1647	1704	1146			0.8	7.70	-5.61	-41.20											
1642-2-312	348517	4110539	444.72	42	IGME La Coneja	100	6300	INB	101	19/09/2006	6300	5680	3527				7.65	-5.10	-37.20	3.60	4.55	0.51								
1642-1-b	340395	4108899	420.00	7	La Madriguera	100	3618	INB	101	15/07/2003	3618	3618	3618				7.65	-5.10	-37.20	3.60	4.55	0.51								
1642-1-c	342317	4109578	410.00	4	Las Lajas	100	5500	INB	101	15/07/2003	5500	4270	3305				7.37	-4.00	-31.40	6.00	4.54	0.51								
1642-2-330	346141	4110305	421.00	200	Llano Malaga	100	2200	INB	101	15/07/2003	2200	1953	1528				7.28	-5.30	-36.50	5.50										
1642-2-330	346141	4110305	421.00	200	Llano Malaga	100	4400	INB	101	15/07/2003	4400	1953	1528				7.28	-5.30	-36.50	5.50										
1642-2-258	348959	4114140	450.00	94	SCOP-2 Fte. de Piedra	100	1153	INB	101	21/04/2005	1153	767	3537			4.4	7.40	-5.40	-37.36	5.84	2.02	0.44								
1642-2-325	347518	4110607	451.00	94	SCOP-2 Fte. de Piedra	100	1315	INB	101	15/10/2003	1315	888	767				7.66	-5.40	-34.20	9.00										
1642-2-325	347518	4110607	451.00	94	SCOP-2 Fte. de Piedra	100	1315	INB	101	15/10/2003	1315	888	767				7.66	-5.40	-34.20	9.00										
1642-2-325	347518	4110607	451.00	94	SCOP-2 Fte. de Piedra	100	1315	INB	101	15/10/2003	1315	888	767				7.66	-5.40	-34.20	9.00										
1642-2-325	347518	4110607	451.00	94	SCOP-2 Fte. de Piedra	100	1315	INB	101	15/10/2003	1315	888	767				7.66	-5.40	-34.20	9.00										
1642-2-325	347518	4110607	451.00	94	SCOP-2 Fte. de Piedra	100	1315	INB	101	15/10/2003	1315	888	767				7.66	-5.40	-34.20	9.00										
1642-2-325	347518	4110607	451.00	94	SCOP-2 Fte. de Piedra	100	1315	INB	101	15/10/2003	1315	888	767				7.66	-5.40	-34.20	9.00										
1642-2-325	347518																													

### a. Datos isotópicos



