

EL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA EN EL CONTROL DE LA CALIDAD Y EL MANTENIMIENTO DE POZOS.

APLICACIÓN EN LA PLANTA DE AGBAR EN CORNELLÀ DE LLOBREGAT.

Fidel Ribera Urenda (*)

*** Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS).**

c/Provença 102, 6^a, 08029. Barcelona.

www.fcihs.org E-mail: gerencia@fcihs.org



17 de abril de 2013

OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto de este proyecto es conocer la eficiencia y estado actual de las captaciones de la Sociedad General de Aguas de Barcelona en el ámbito de su Central de Cornellà, así como las captaciones incluidas en las líneas de pozos RIUET y FINQUES.

Auscultación del interior de los pozos mediante cámaras y pruebas de su rendimiento electromecánico.



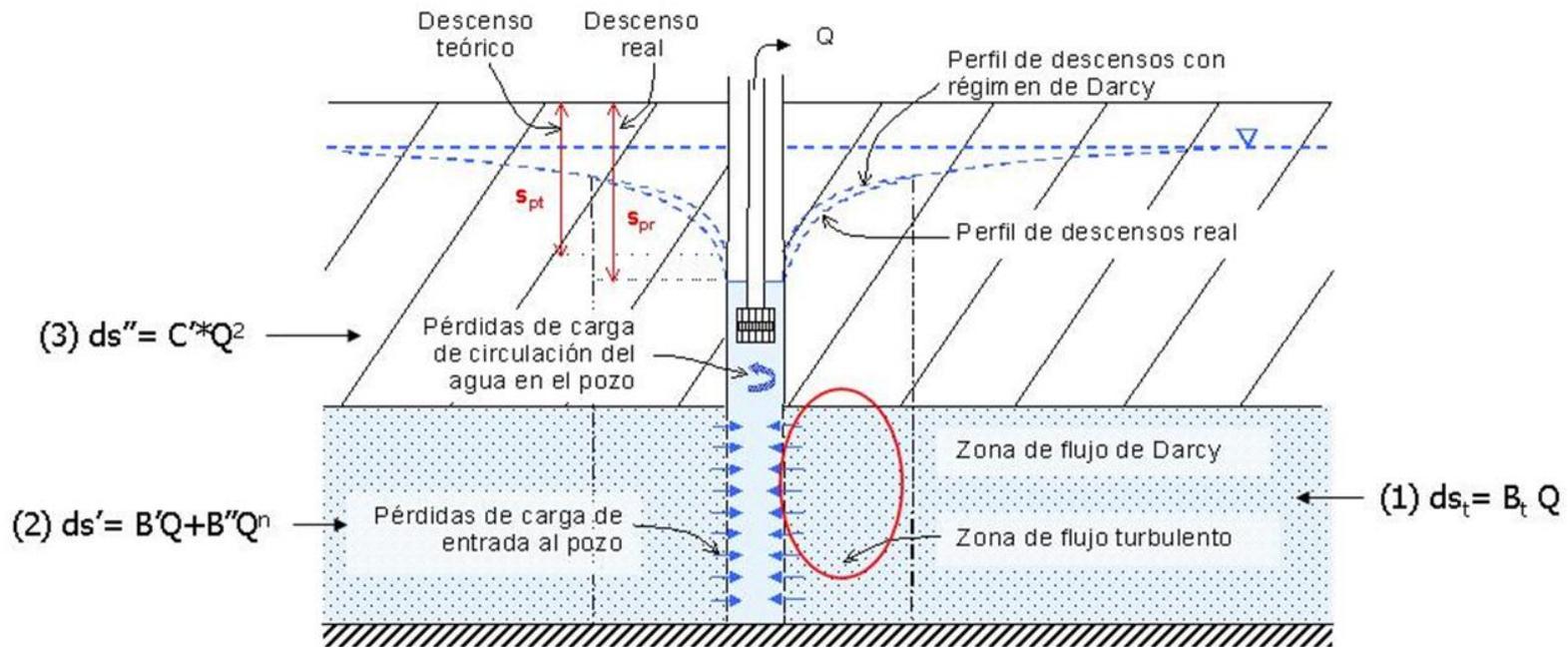
Ensayos de bombeo escalonados y análisis de la eficiencia hidráulica.



RELACION ENTRE LAS PERDIDAS DE CARGA DE UNA CAPTACIÓN Y SU EFICIENCIA.

EL CONCEPTO DE EFICIENCIA DE UNA CAPTACIÓN.

El descenso total (s_t) del nivel piezométrico observado en un pozo en el que se bombea un caudal constante Q , es igual a la suma de las pérdidas de carga que se producen al circular el agua por el acuífero (1) por la zona adyacente al pozo y en la entrada e interior del mismo (2), hasta llegar a la zona de aspiración de la bomba (3).



ASPECTOS GENERALES

ORIGEN DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA DE UNA CAPTACIÓN:

- 1) **Pérdidas de carga relacionadas con el paso del agua a través del acuífero:** son fundamentalmente generadas por las características de la formación geológica. Dependen de los valores de T, S del acuífero, además del tiempo de bombeo y del Q extracción, que controlan su Radio de influencia.
- 2) **Perdidas de carga generadas por el propio pozo en el entorno inmediato del acuífero durante su construcción.** Provocan pérdidas de la eficiencia que se prolongan durante toda la vida útil del pozo. Muchas veces se minimizan a partir de un proyecto constructivo adecuado y una correcta ejecución inicial del mismo.
- 3) **Pérdidas de carga generadas por el envejecimiento del pozo durante su vida operativa.** Se originan por causas diversas y engloba tanto los procesos progresivos de colmatación por arrastre de materiales finos hacia la zona de rejilla, hasta los colapsos súbitos por rotura del entubado o el tapón de fondo del pozo, solifluxiones, subsidencias diferenciales del terreno, incrustaciones, corrosiones de la tubería, etc.

ASPECTOS GENERALES

Cálculo de la eficiencia

1) POR TANTO:

$$st = ds_t + ds' + ds'' = B_t Q + B' Q + B'' Q^n + C' Q^n$$

(ecuación característica del pozo en el acuífero)

Si $n=2$ y el pozo está desarrollado y con rejilla continua o amplio desarrollo de ranuras, B' es negligible....

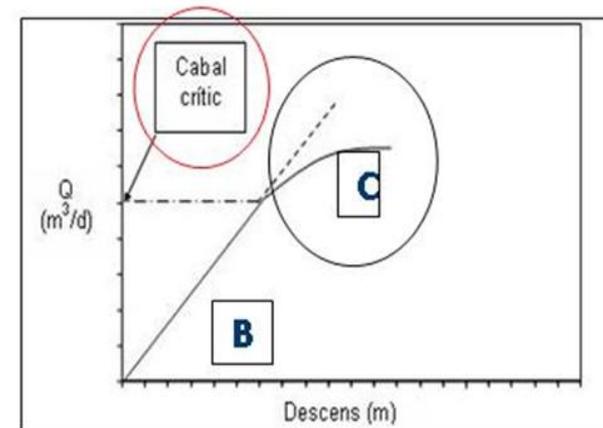
Entonces: $st = B_t Q + (B'' + C') Q^2 = BQ + CQ^2$,
donde C agrupa los términos no lineales $(B'' + C')$ y B los términos lineales.

(Rorabaugh, 1953)

$$s = BQ + CQ^2$$

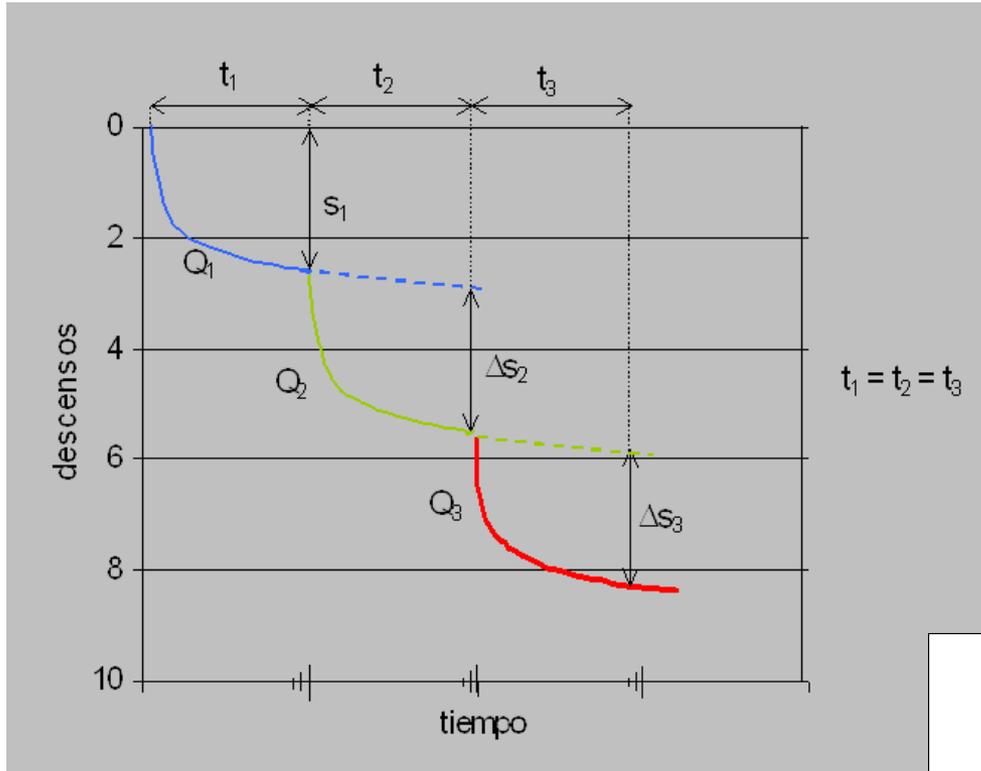
$$ef = \frac{s_{p \text{ teòric}}}{s_{p \text{ real}}} = \frac{B_t Q}{B_t Q + CQ^2}$$

2) POR OTRO LADO, la eficiencia (ef) de un pozo es el cociente entre el descenso teórico que tendría lugar en una situación ideal, con flujo laminar (sin pérdidas de carga en el pozo) y el descenso real:



Así: $ef = s_{p \text{ teòric}} / s_{p \text{ real}} = q_{\text{teòric}} / q_{\text{real}}$

CÁLCULO DE LA EFICIENCIA: OBTENCION DE LOS FACTORES B Y C.

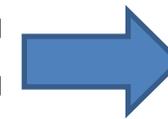


$$S_1 = B \cdot Q_1 + C Q_1^N$$

$$S_2 = B \cdot Q_2 + C Q_2^N$$

$$S_3 = B \cdot Q_3 + C Q_3^N$$

.....



Resolución analítica

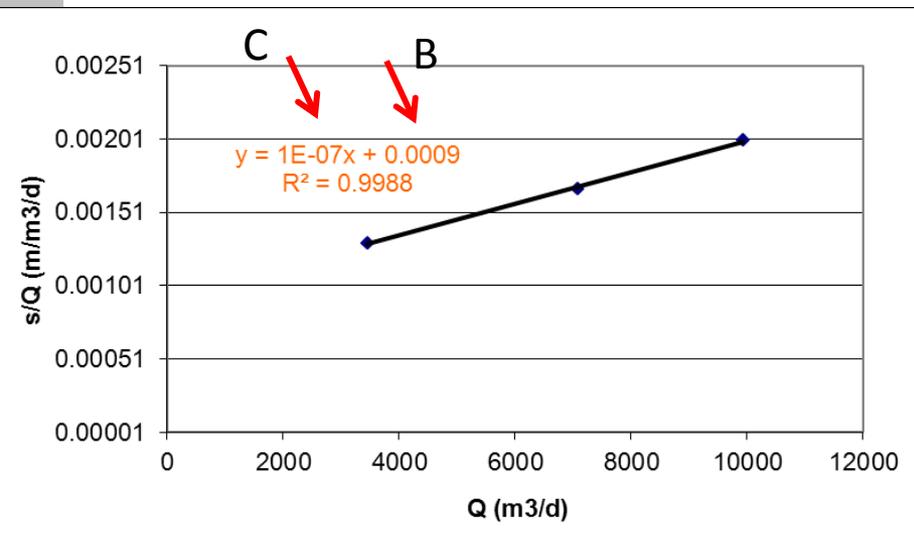
Para t similares se cumple que B es comparable

O se puede optar por la resolución gráfica si se plantea como:

$$S_1/Q_1 = B + C Q_1$$

$$S_2/Q_2 = B + C Q_2$$

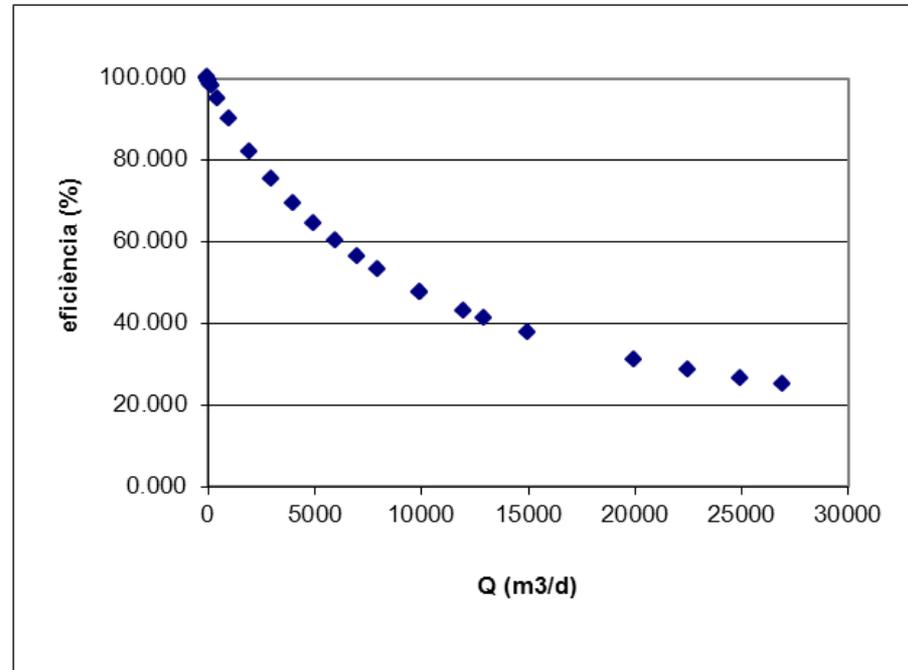
$$S_3/Q_3 = B + C Q_3$$



CÁLCULO DE LA EFICIENCIA.

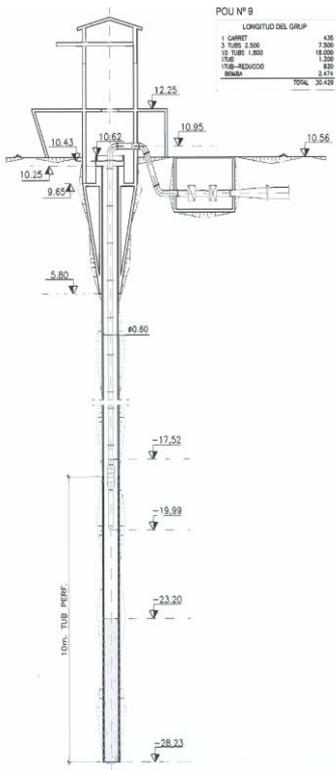
Q (m3/d)	Q (l/h)	s/Q (m/m3/d)	BQ (m)	CQ^2 (m)	Eficiencia (%)
0.1	4	0.00090	9.00E-05	1E-09	99.999
30	1250	0.00090	2.70E-02	0.00009	99.668
50	2083	0.00091	4.50E-02	0.00025	99.448
100	4167	0.00091	9.00E-02	0.001	98.901
150	6250	0.00092	1.35E-01	0.00225	98.361
200	8333	0.00092	1.80E-01	0.004	97.826
500	20833	0.00095	4.50E-01	0.025	94.737
1000	41667	0.00100	9.00E-01	0.1	90.000
2000	83333	0.00110	1.80E+00	0.4	81.818
3000	125000	0.00120	2.70E+00	0.9	75.000
4000	166667	0.00130	3.60E+00	1.6	69.231
5000	208333	0.00140	4.50E+00	2.5	64.286
6000	250000	0.00150	5.40E+00	3.6	60.000
7000	291667	0.00160	6.30E+00	4.9	56.250
8000	333333	0.00170	7.20E+00	6.4	52.941
9936	414000	0.00189	8.94E+00	9.8724096	47.529
10000	416667	0.00190	9.00E+00	10	47.368
12000	500000	0.00210	1.08E+01	14.4	42.857
13000	541667	0.00220	1.17E+01	16.9	40.909
15000	625000	0.00240	1.35E+01	22.5	37.500
20000	833333	0.00290	1.80E+01	40	31.034
22500	937500	0.00315	2.03E+01	50.625	28.571
25000	1041667	0.00340	2.25E+01	62.5	26.471
27000	1125000	0.00360	2.43E+01	72.9	25.000

$$ef \% = 100 * (BQ / (BQ + CQ^2))$$

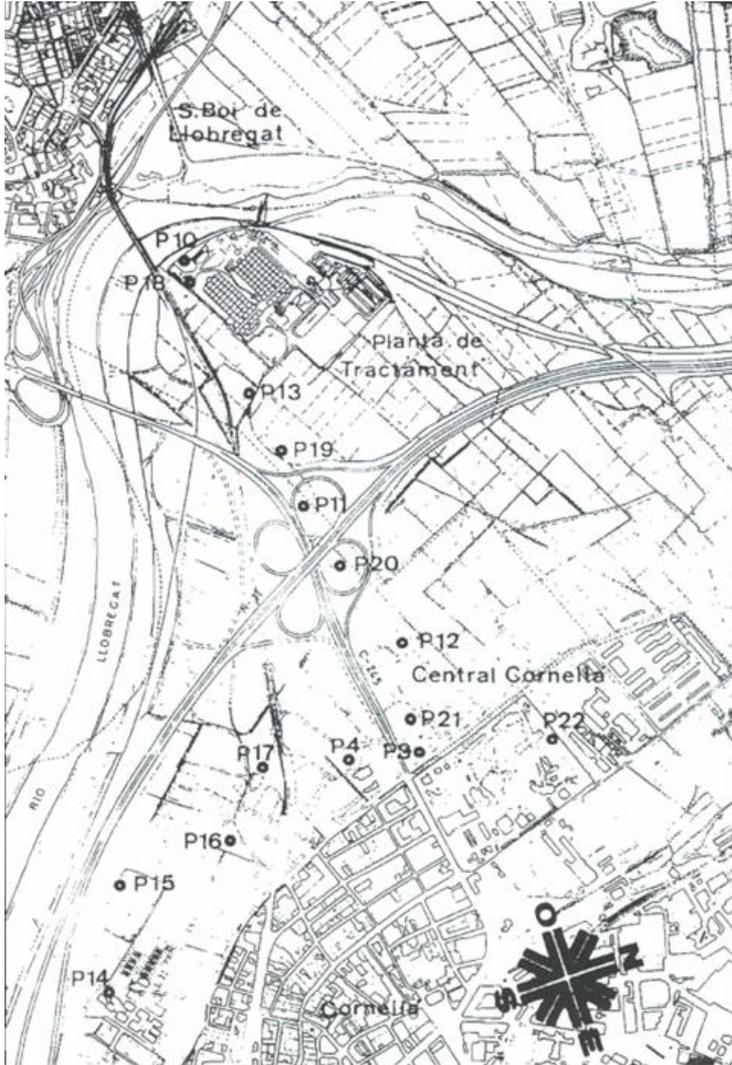


EL CAMPO DE POZOS EN EL ENTORNO DE LA CENTRAL CORNELLÀ.

La mayor parte (11 pozos) se construyeron en los terrenos donde la Sociedad General de Aguas de Barcelona implantó su Central de Cornellà, la mayoría a finales del siglo XIX-Inicios de siglo XX.



EL CAMPO DE POZOS EN EL ENTORNO DE LA CENTRAL CORNELLÀ.

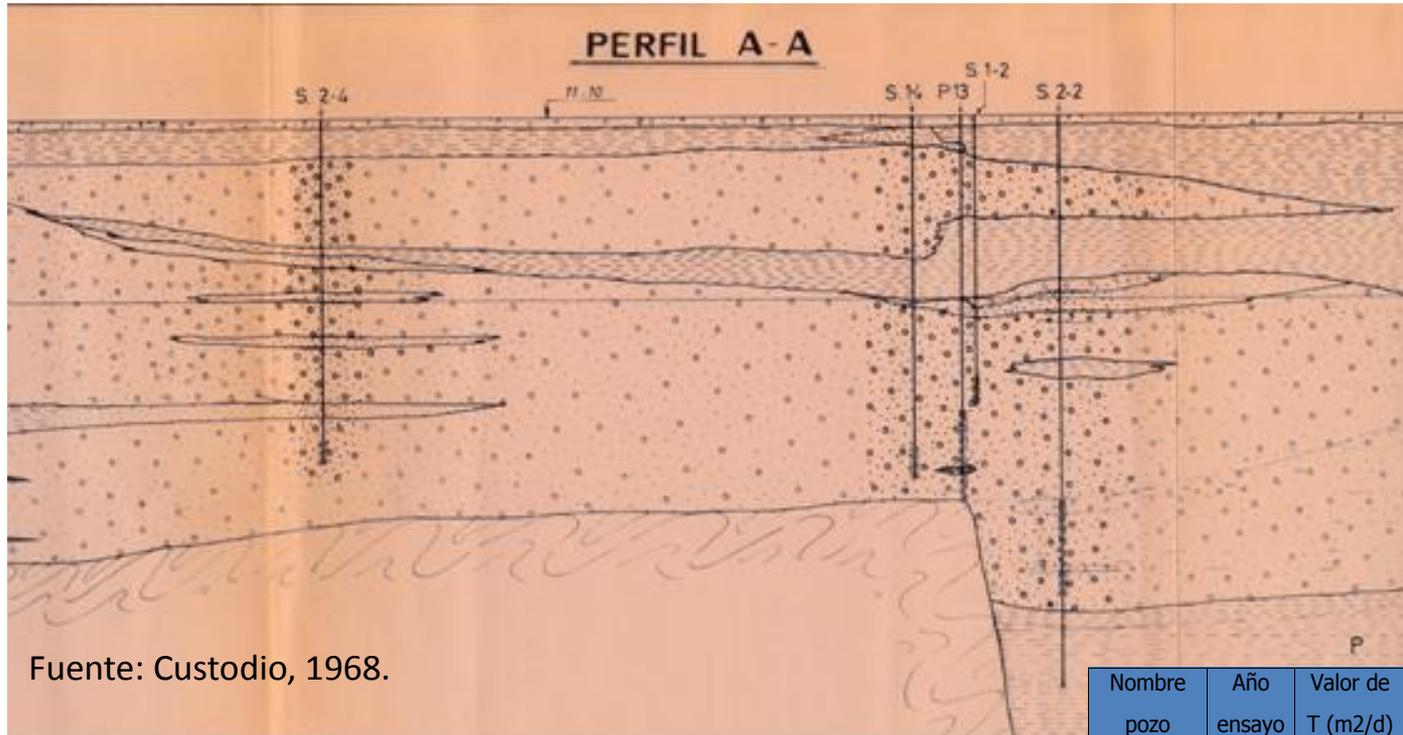


Posteriormente, el campo de pozos se amplió fuera del perímetro de la Central siguiendo dos direcciones o ramales:

- El ramal Finques, con una orientación general E-W (perpendicular al río Llobregat), que incluye un total de 9 pozos, entre la central y la actual planta potabilizadora, y :
- El ramal Riuet, con una dirección general NE-SW (paralela al curso general del río), con un total de 5 pozos entre la Central Cornellà y el actual campo de futbol de l'Espanyol.

EL CAMPO DE POZOS EN EL ENTORNO DE LA CENTRAL CORNELLÀ: geología e hidrogeología.

Hidrogeológicamente, la zona de pozos se encuentra en el límite entre el Valle Bajo del Llobregat y el inicio de su Delta, en una zona excepcionalmente transmisiva del acuífero.



Fuente: Custodio, 1968.

Nombre pozo	Año ensayo	Valor de T (m ² /d)	Q ensayo (L/s)	Valor de S	Posición	Referencia
Pozo 13	1968	35000	145	1E-3	Finques	2 CIHS 1968
Pozo 13	2002	35000			Finques	ACA 2002
Pozo 7	2002	13000	250		Central	CIHS 2002
Pozo 9	2009	65000 ¿?	125	2E-4	Central	CIHS 2009

CONDICIONES DE LOS ENSAYOS.

Siempre que ha sido posible se han realizado 4 escalones de bombeo, con un tiempo por escalón que ha oscilado entre los 60 minutos y los 45 minutos según el pozo.

En general, se ha alcanzado en casi todos los casos una estabilización del nivel en cada escalón muy satisfactoria.

Los caudales han sido normalmente elevados. El rango de los bombeos ha variado entre los **50 y los 350 L/s.**

En determinadas ocasiones se disponía de caudalímetros individuales instalados en el pozo. En otras ocasiones se ha empleado el dato de aforo del vertedero de la central.

Siempre se ha iniciado el ensayo en cada pozo a las 24 horas de haberlo detenido y procurando no tener otros pozos cercanos en funcionamiento.

Para la medida del nivel se han empleado sondas Diver de medida continua, apoyada con sondas manuales para medidas puntuales, así como los propios datos de cota del nivel del agua en aquellos pozos que tienen instalado el sensor.

CONDICIONES DE LOS ENSAYOS.

REPORTAJE FOTOGRÁFICO: POZO 13.



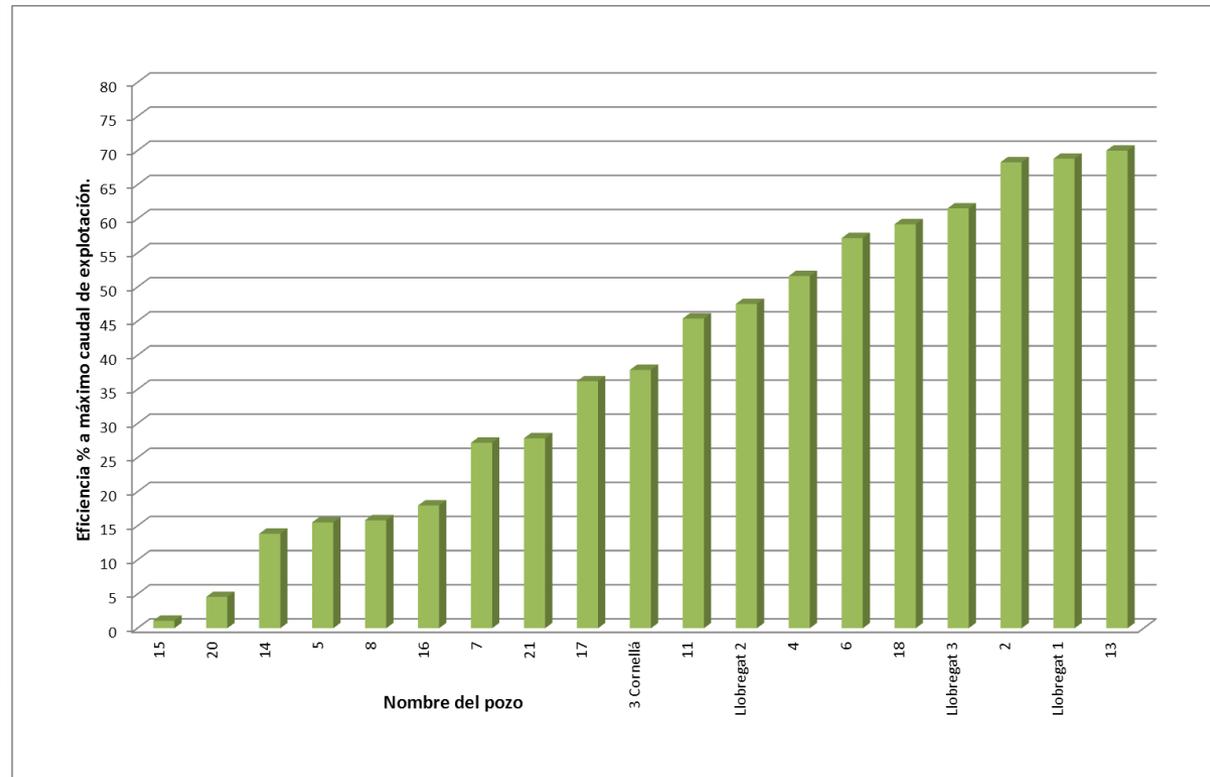
JUNIO-OCTUBRE DE 2012.



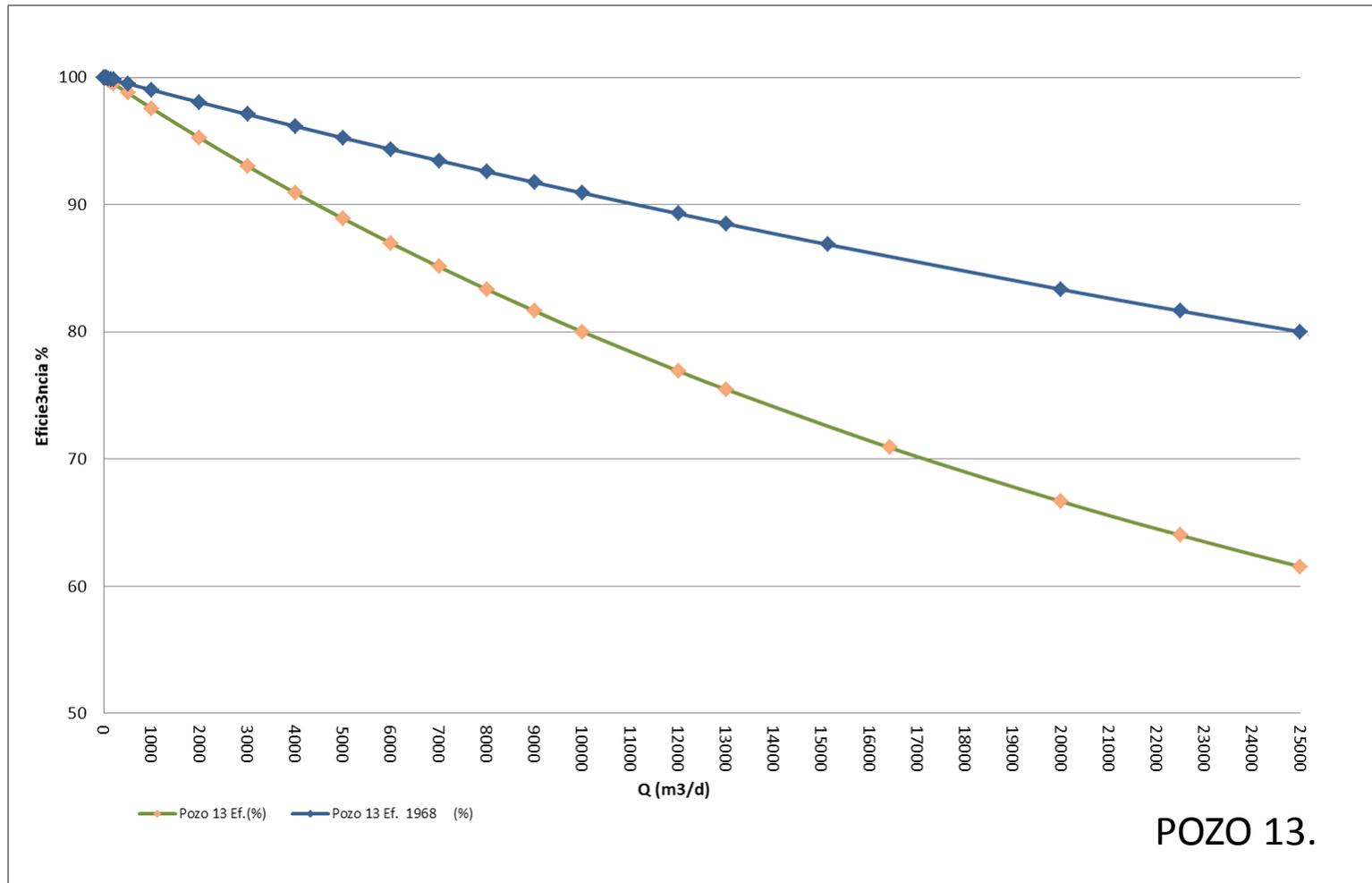
JORNADAS CALIDAD EN LA REALIZACIÓN DE POZOS 2013.

RESULTADOS OBTENIDOS

Nombre del pozo	Q Max. (m ³ /d, 100% válvula abierta)	Ef. (%)
15	17712	1.11
20	17227	4.60
14	15552	13.85
5	27216	15.52
8	35424	15.84
16	18230	17.99
7	26784	27.19
21	25920	27.84
17	17626	36.20
3 Cornellá	16416	37.86
11	20045	45.40
4	9936	47.53
6	26784	51.61
18	22464	57.18
Llobregat 2	17212	59.22
Llobregat 3	18749	61.54
2	18576	68.29
Llobregat 1	20390	68.82
13	16416	70.01



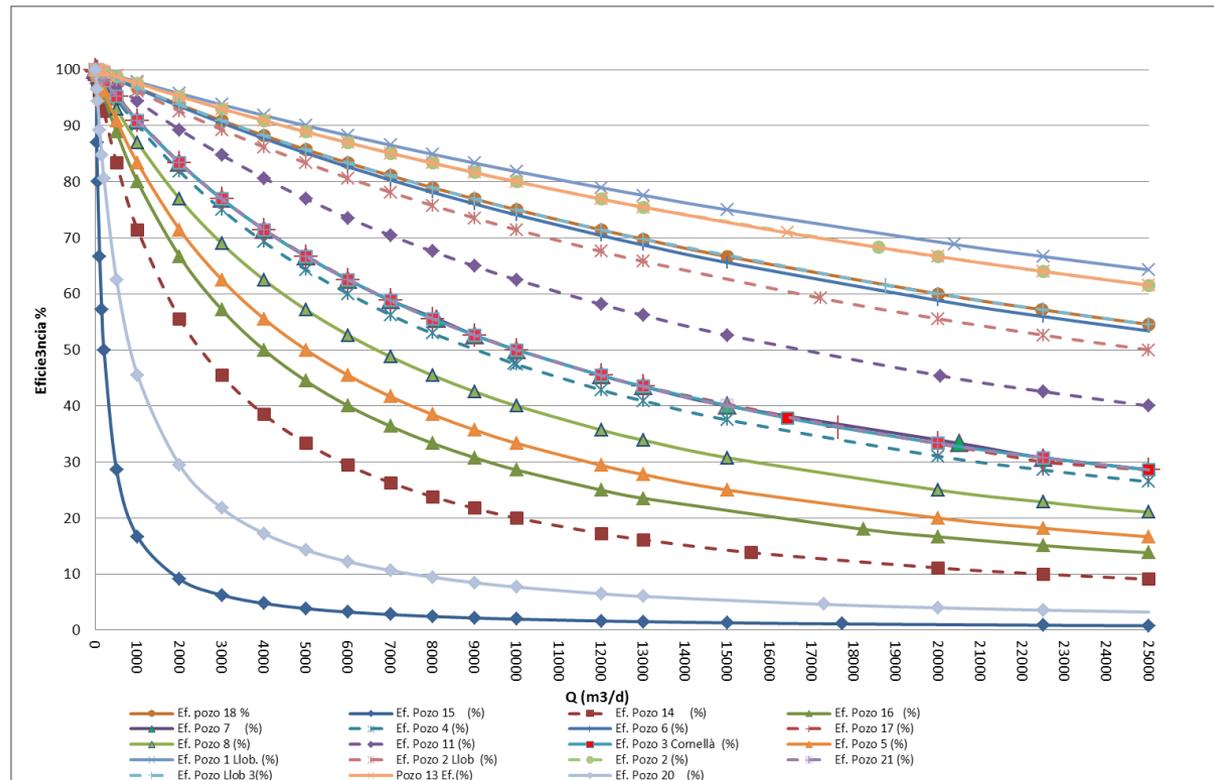
RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS EVOLUTIVO (1968 -> 2012).



JORNADAS CALIDAD EN LA REALIZACIÓN DE POZOS 2013.

RESULTADOS OBTENIDOS

Nombre del pozo	Q (m ³ /d) para Ef del 70%)	Q (m ³ /d) para Ef del 50%)
15	<500	<500
20	<500	1000
14	1000	2500
5	2000	4000
8	2500	5000
16	3000	7000
7	3000	9000
21	4000	10000
17	4000	10000
3 Cornellà	4500	16000
11	7000	24000
Llobregat 2	11000	25000
4	11000	>25000
6	10000	>25000
18	>15000	>25000
Llobregat 3	>15000	>25000
2	>15000	>25000
Llobregat 1	>15000	>25000
13	>15000	>25000



JORNADAS CALIDAD EN LA REALIZACIÓN DE POZOS 2013.

RESULTADOS OBTENIDOS

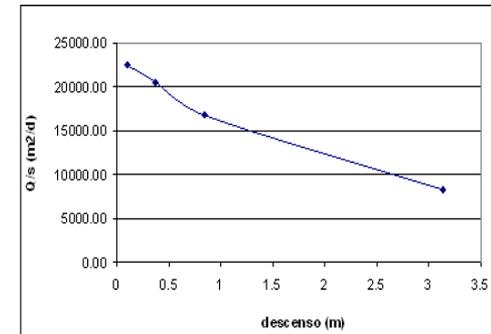
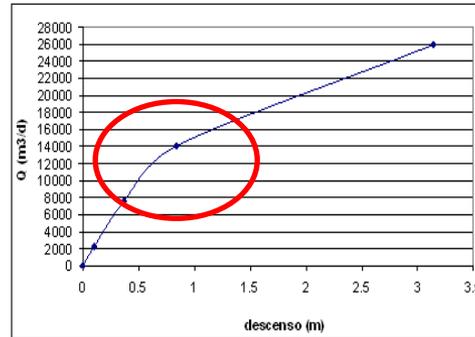
Nombre del pozo	Caudal crítico (m ³ /d)	Coficiente C	Coficiente B	Q máximo bombeo	% exceso Q
10	no medible	-2.00E-08	7.E-04	14083	
9	no medible	-5.00E-09	2.E-04	13824	
6	18000-20000	7.00E-10	2.E-05	26784	34
8	18000-20000	9.00E-10	6.E-06	35424	77
5	15000-17000	2.00E-09	1.E-05	27216	60
Llobregat 2	10000-12000	2.00E-09	5.E-05	17212	43
Llobregat 3	12000-14000	2.00E-09	6.E-05	18749	34
2	14000-16000	2.00E-09	8.E-05	18576	16
Llobregat 1	12000-14000	2.00E-09	9.E-05	20390	46
7	12000-15000	3.00E-09	3.E-05	26784	79
21	12000-14000	3.00E-09	3.E-05	25920	85
18	15000	3.00E-09	9.E-05	22464	50
3 Cornellá	8000-10000	5.00E-09	5.E-05	16416	64
13	>16000	5.00E-09	2.E-04	16416	3
11	10000-12000	6.00E-09	1.E-04	20045	25
16	10000-12000	1.00E-08	4.E-05	18230	52
17	14000-16000	1.00E-08	1.E-04	17626	10
15	8000-10000	2.00E-08	4.E-06	17712	77
14	10000-12000	4.00E-08	1.E-04	15552	30
20	11000-12000	6.00E-08	5.E-05	17280	44
4	4000-6000	1.00E-07	9.E-04	9936	66

Entre 20% y 40%

Entre 40% a 60%

Cunvas características Pozo 21 Cornellá 86AB

Escalón	1	2	3	4
Q (m ³ /d)	2246	7603	14083	25920
descenso (m)	0.1	0.37	0.84	3.14
Qs (m ² /d)	22464.00	20549.19	16765.71	8254.78



<20%

>60%

CONCLUSIONES

- El campo de pozos de la central SGAB constituye un elemento esencial e irremplazable del sistema de abastecimiento del Área Metropolitana de Barcelona en base a las excepcionalmente favorables características acuíferas de esta zona del Valle Bajo del Llobregat, así como la buena ejecución constructiva original de sus captaciones.
- La edad de los pozos, algunos con más de 100 años desde su puesta en servicio han provocado un envejecimiento que se puede considerar normal, desde el punto de vista de su producción, pero que afecta negativamente a su eficiencia. El único dato registrado de evolución de la eficiencia realizado en estos pozos indicaría que este envejecimiento podría rondar el 20% en los últimos 40 años.
- Por ello, aunque en general los valores que indican una componente turbulenta del agua en el pozo son muy bajos, si existe una pérdida de eficiencia que provoca que los caudales críticos interpolados de las curvas características en la mayoría de pozos sean generalmente inferiores a los actuales caudales de explotación.
- La gran cantidad de pozos disponibles permitiría, de todas formas, gestionar el campo de pozos en función de dichos caudales críticos, acercando sobretodo a estos valor los caudales máximos más desviados. El hecho que, normalmente no estén todos los pozos activos en un mismo tiempo (salvo excepciones), puede permitir maximizar la producción de aquellos pozos de mejor eficiencia.

CONCLUSIONES

- Para realizar este tipo de gestión se considera necesario que la totalidad de los pozos dispongan de caudalímetro individualizado.
- El análisis conjunto de la eficiencia y la auscultación del interior del pozo ha permitido además detectar aquellas captaciones donde puede ser deseable realizar algún tipo de actuación para mejorar su rendimiento. Que sería nuevamente evaluado con su correspondiente ensayo.
- Por último, destacar la conveniencia de repetir este tipo de ensayos en el campo de pozos, siempre que:
 - Ocurran incidencias en los pozos que modifiquen su relación caudal/descenso.
 - Siempre que se ejecute una nueva captación.
 - De forma periódica: Orientativamente y para el campo de pozos estudiado, cada 5 años.
 - Incorporar el estudio de los arrastres de materiales finos durante la realización de los ensayos escalonados.

Muchas gracias.

Fidel Ribera Urenda

Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS).

c/Provença 102, 6ª, 08029. Barcelona.

www.fcihs.org E-mail: gerencia@fcihs.org

