

EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

Enrique Cabrera
Catedrático de Mecánica de Fluidos
ITA. Universidad Politécnica de Valencia

Barcelona, 12 de Julio de 2012

**46 curso internacional de
hidrología subterránea**

INDICE

EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

1. **Introducción**
2. Una perspectiva histórica
3. Agua subterránea – Energía – Cambio climático
4. El creciente peso de la factura de la energía.
5. Las bombas y su punto de funcionamiento
6. La necesidad de regular
7. La necesidad de medir
8. La necesidad de optimizar el consumo de energía
9. Balances costes/beneficio
10. Conclusiones

INTRODUCCION

- ¿Cuál es el interés de esta ponencia?
- Elevar el agua subterránea cuesta energía y, por tanto, dinero
- El precio del petróleo ha venido siguiendo, en media, una tendencia al alza
- El 1 de Julio de 2008 se suprimen las tarifas eléctricas para el riego (es el mayor uso del agua subterránea), con el encarecimiento subsiguiente

INTRODUCCION

REGLAMENTO (UE) N° 547/2012 DE LA COMISIÓN

de 25 de junio de 2012

por el que se aplica la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para las bombas hidráulicas

(3) Las bombas hidráulicas que constituyen partes de sistemas de motor eléctrico son fundamentales en diversos procedimientos de bombeo. Estos sistemas de bombeo tienen un potencial total de mejora rentable del rendimiento energético de entre el 20 y el 30 %. Aunque los máximos ahorros pueden lograrse con los motores, uno de los factores que contribuyen a dichas mejoras es el uso de bombas eficientes desde el punto de vista energético. Por consiguiente, las bombas hidráulicas constituyen uno de los productos prioritarios para los cuales conviene establecer requisitos de diseño ecológico.

(7) El estudio preparatorio pone de manifiesto que las bombas hidráulicas se comercializan en el mercado de la Unión Europea en grandes cantidades. Su consumo energético en la fase de funcionamiento es el aspecto ambiental más significativo de todo el ciclo de vida, y su consumo de electricidad anual ascendió a 109 TWh en 2005, lo que corresponde a 50 Mt en emisiones de CO₂. Si no se toman medidas para limitar este consumo, se prevé que el consumo de energía aumente hasta 136 TWh en 2020. El estudio concluye que el consumo de electricidad en la fase de funcionamiento puede mejorarse de forma significativa.

INTRODUCCION



Energieeffiziente Brunnenfelder

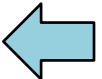


Energieaudit an einem Brunnenfeld
Well field energy audit

Vor dem Hintergrund steigender Energiepreise spielt auch in der Trinkwassergewinnung das Thema Energieeffizienz eine immer größere Rolle. Im Rahmen von OPTIWELLS werden Betriebsfaktoren von ganzen Brunnenfeldern hinsichtlich ihrer Relevanz für den Energieverbrauch identifiziert und auf dieser Grundlage Optimierungsmöglichkeiten im Brunnenbetrieb aufgezeigt. Die wichtigsten Einflussfaktoren wurden bereits gefunden und die Sparpotenziale für einen gesamten Brunnenstandort errechnet. Sie betragen bei intelligenter Schaltweise der Pumpen sowie gezieltem Einsatz von effizienterer Pumpentechnologie bis zu 22%.

OPTIWELLS

Energy-efficient well field operation
With rising energy prices and global climate change, the question of the energy efficiency of drinking water production becomes more and more pressing. The project OPTIWELLS addresses the impacts various factors have on energy demand and investigates potential savings. The results have highlighted the key influences on the energy requirements of a well field, and calculations show that power consumption could be reduced by up to 22% through smart well field operation and improved pump technology.



OPTIWELLS - Optimisation of drinking water well field operation – energy savings and quality control

Kontakt Contact:	Dr. Matthias Staub (KWB), matthias.staub@kompetenz-wasser.de
Laufzeit Duration:	04/2010 - 05/2011
Projektvolumen Project Volume:	161 500 Euro
Finanzierung Financing:	Veolia Eau
Partner Partners:	TU Berlin, Veolia Eau, VERI
Projektziele Project Goals:	Energy efficiency in well field management; Decision support

INTRODUCCION

EVOLUCION DEL CONSUMO DE ENERGIA PARA RIEGO EN ESPAÑA

AÑO	SUPERF. (MILES HA)	USO DE AGUA (HM3.)	CONSUMO DE AGUA (HM3)	CONSUMO DE ENERGIA (GWH)
1900	1000	9000	5400	0
1930	1350	12150	7594	182
1940	1500	12750	8288	191
1950	1500	12375	8353	309
1970	2200	17600	12320	1056
1980	2700	20925	14648	2093
1990	3200	24000	17400	3480
2000	3410	23870	18499	4893
2007	3760	24440	20163	5866
2007/ 1950	2,5	2,0	2,4	19,0

INDICE

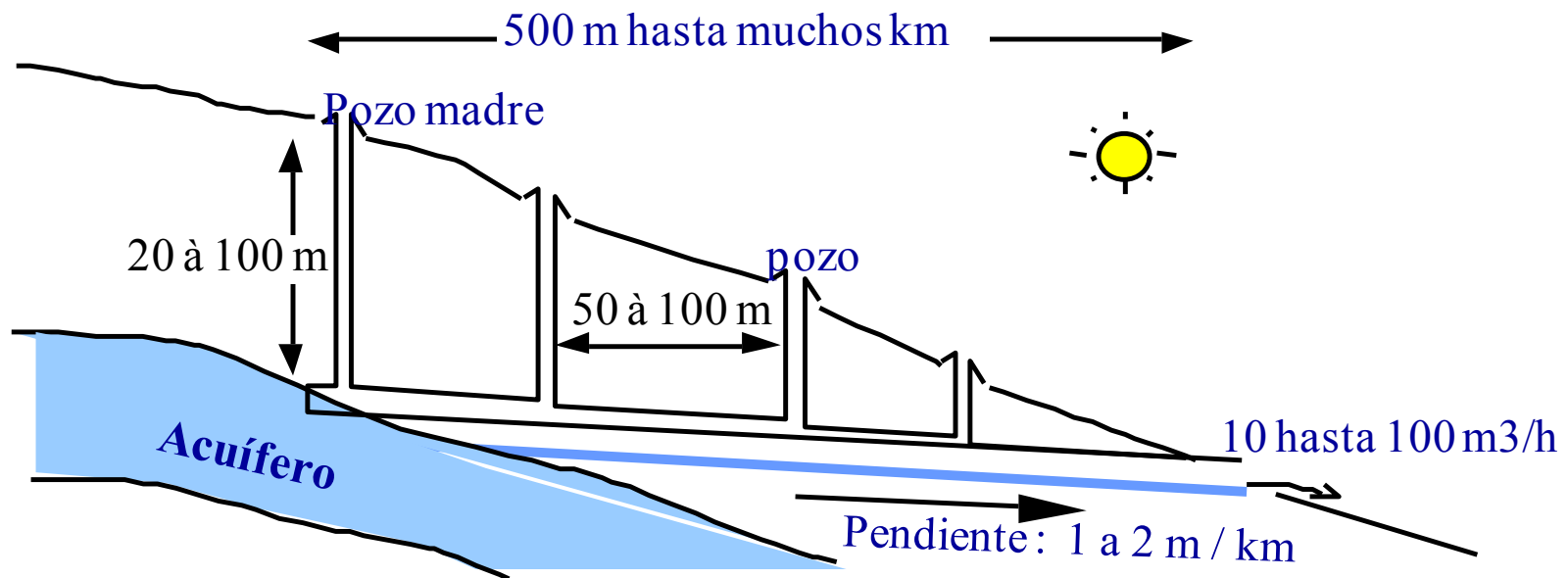
EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

1. Introducción
2. Una perspectiva histórica
3. Agua subterránea – Energía – Cambio climático
4. El creciente peso de la factura de la energía.
5. Las bombas y su punto de funcionamiento
6. La necesidad de regular
7. La necesidad de medir
8. La necesidad de optimizar el consumo de energía
9. Balances coste/beneficio
10. Conclusiones

UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA

Los qanats: los antecedentes de las aguas subterráneas. Hace unos 5000 años (en Persia).



Pero no había capacidad de perforar,..., ni de elevar.
Tornillo de Arquímedes (procedente de Egipto). Bomba de pistones Ctesibius

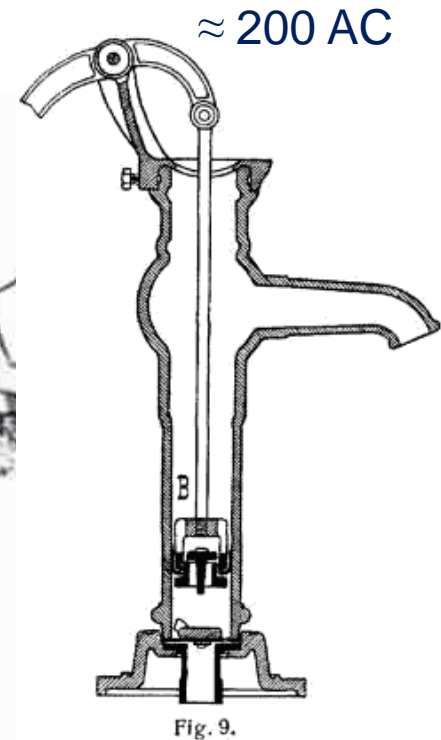
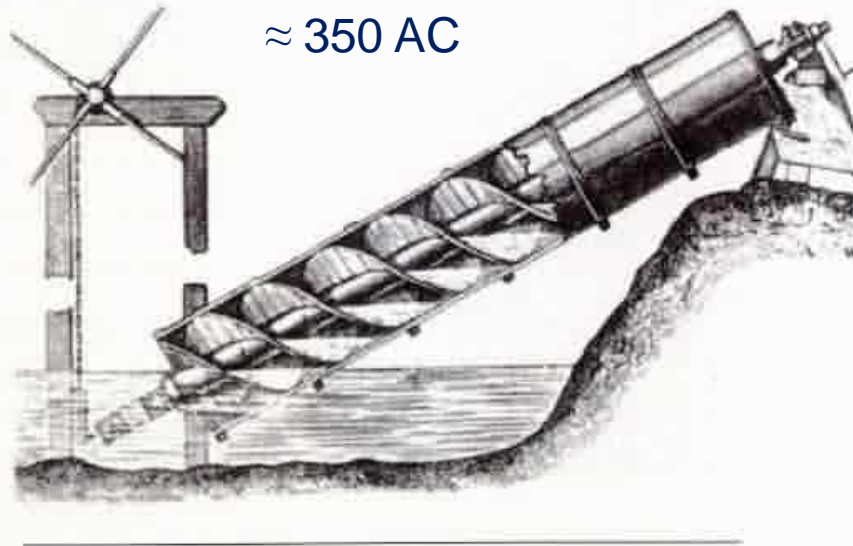
≥ 1000 AC

MACHINES ET APPAREILS HYDRAULIQUES

281



Fig. 13-25. — Roue élévatrice mue par l'eau.

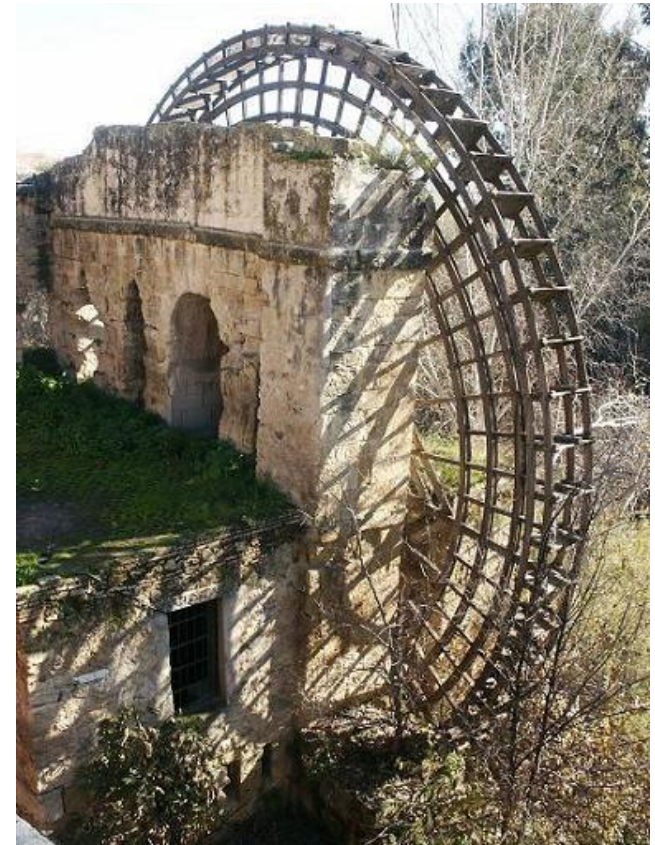
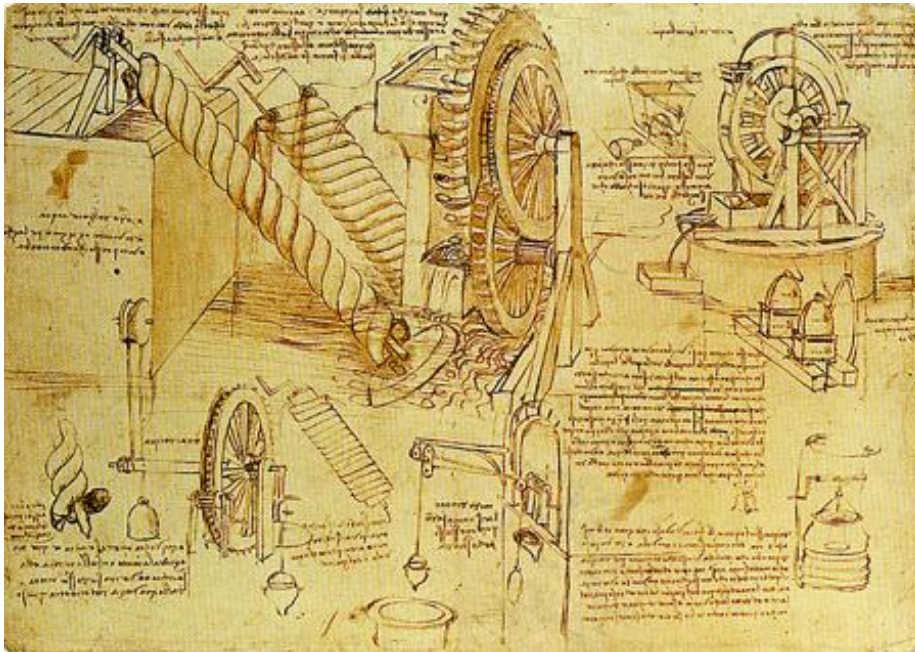


UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA

Tableau 13.1. — *Comparaison des divers types de machines élévatoires utilisés dans l'antiquité.*

	<i>Débit</i>						<i>Hauteur d'élévation</i>	<i>Adaptabilité à l'énergie animale</i>			<i>Apparition</i>					
	<i>Importance</i>			<i>Régularité</i>							<i>Époque (siècle)</i>	<i>Lieux</i>				
	<i>faible</i>	<i>moyen</i>	<i>élevé</i>	<i>assez continu</i>	<i>irrégulier</i>	<i>très discontinu</i>						<i>faible</i>	<i>moyenne</i>	<i>élevée</i>	<i>faible</i>	<i>moyenne</i>
Chadouf	+					+	+				+		^ - XVIII		+	+
Mentâl	+					+	+					+	??		?	
Roue à godets		+		+			+					+	^ - XVIII	+	+	+
Vis d'Archimède			+	+			+				+		- IV ?	+		
Chaîne à palettes		+		+				+			+		- IV ?			+
Treuil de puits	+					+		+	+	+	(+)		?	+	?	+
Chaîne à godets		+		+				+				+	- III	+	+	
Tympan			+	+			+					+	^ 0	+		
Pompe à pistons	+				+	+				++	+		- III	+		
Rigole basculante	+					+	+				+	(+)	??			+
Pompe à soufflet		+			+	+		+		+			?	+		

Edad media



UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA

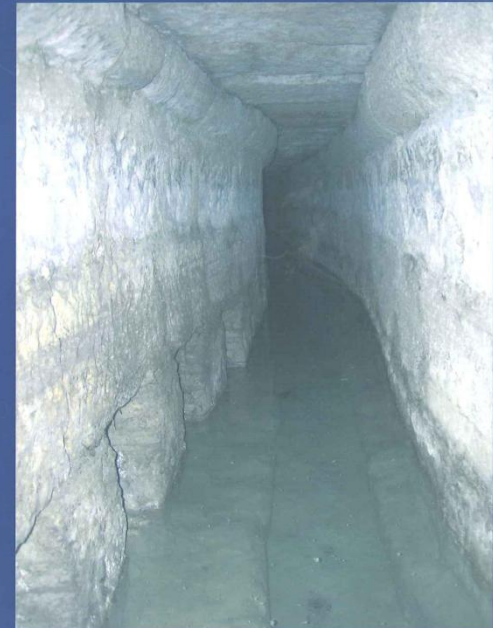
Las bombas que hoy conocemos están basadas en la ecuación de Euler e inspiradas en las turbinas hidráulicas que les preceden. En 1885 llega la culminación de todos estos desarrollos al presentar James Francis la patente de su turbina.

Y mientras se desarrollaban los conocimientos necesarios para elevar agua, el agua subterránea que se utilizó provenía de los qanats



LAS GALERÍAS DRENANTES EN ESPAÑA

Análisis y selección de qanat(s)



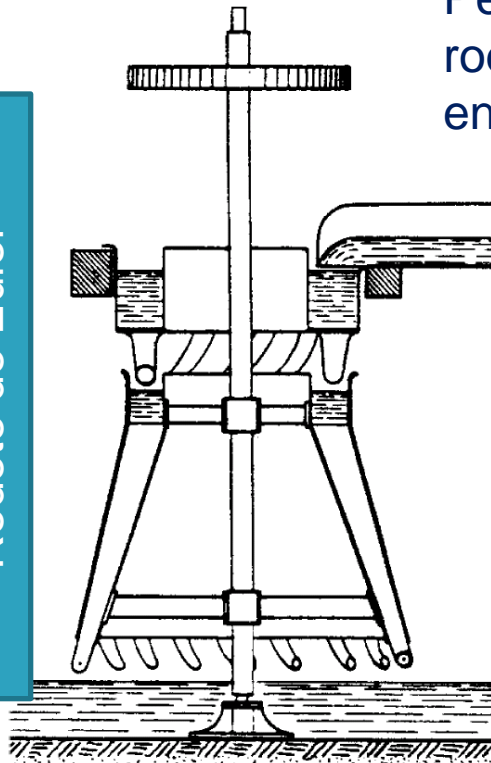
Jorge Hermosilla Pla (director)
Departamento de Geografía
Universitat de València

UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA

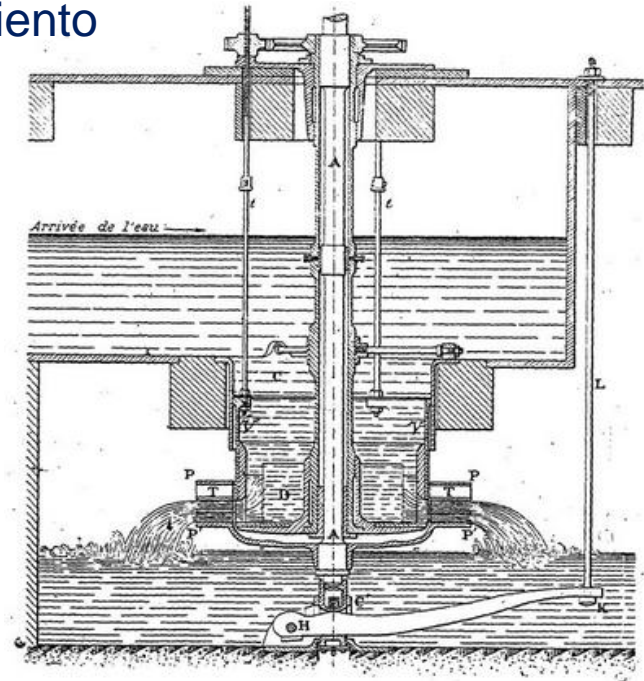
A mediados del siglo XVIII (1754), Leonardo Euler establece la ecuación básica de las turbomáquinas, propiciando el desarrollo de las turbinas

Pero será, en 1827, Fourneyron el primero en diseñar un rodete con un alto rendimiento (80%). En 1932 se instala en el primer aprovechamiento

Rodete de Euler



Rodete de Fourneyron





Evolución histórica

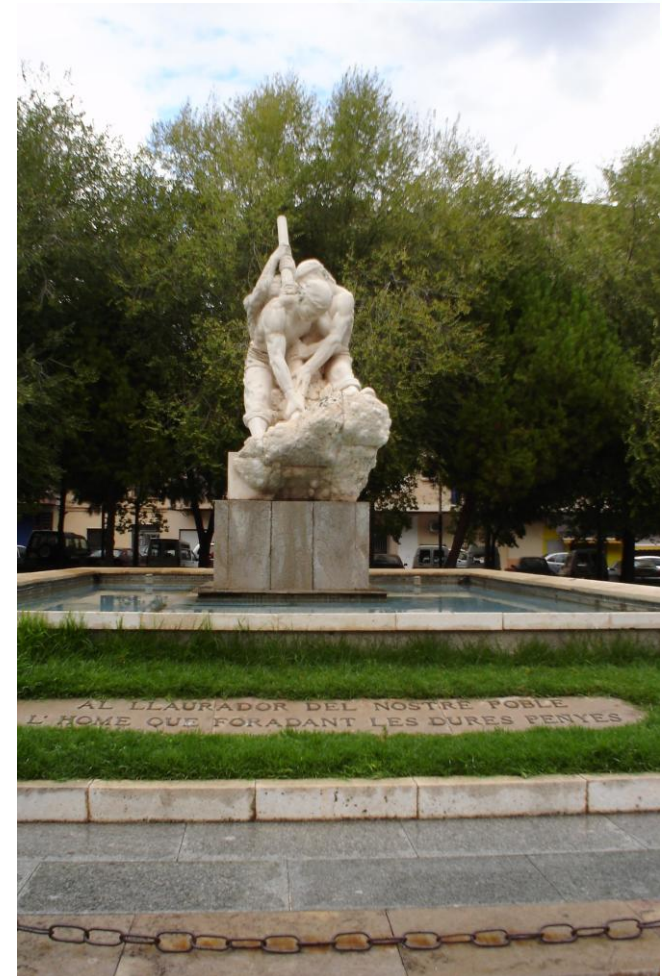


El primer pozo “Els atrevits”, 1894



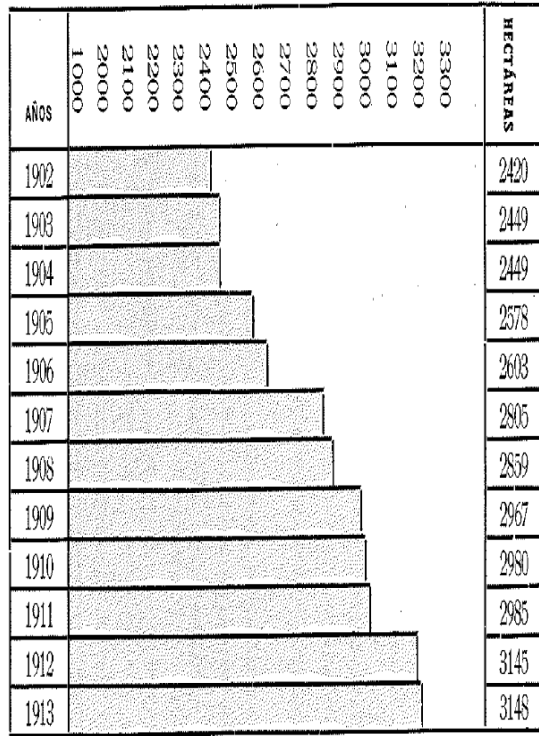
HIMNO DE VILA-REAL

“Foradant les dures penyes
fent eixir al sol les aigües
convertint en horta hermosa
el secà dels nostres pares”



1894
Els atrevits

Datos estadísticos diversos, referentes á la transformación del cultivo en la zona de secano del término de Villarreal



AÑOS	HECTÁREAS	Perfiles donde radican los pozos	NOMBRES de las Sociedades ó de los propietarios	Número de socios	Profundidad de los pozos — Metros	Energía motriz que emplean	Coste de la maquinaria instalada — Pesetas	Número de caballos de las máquinas	Agua que extraen por minuto — Litros	SUPERFICIE QUE RIEGAN		Año en que comenzaron á regar	Coste del riego	NOTAS
										En hanegadas	En hectáreas			
			En explotación											
			D. Vicente Amorós Ripollés.		52	Vapor	25.000	40	1.500	40	3'33	1894		
1902			Del Madrigal.	66	60	Gas pobre	36.000	45	2.000	320	36'66	1901		
			La Esperanza.	52	73	Vapor	25.500	35	1.000	250	20'83	1904		
1903			Fomento Agrícola.	64	72	—	24.140	40	1.100	298	24'83	1904		
			Agricultura Moderna.	33	70	Gas pobre	46.000	40	1.000	276	23	1904		
1904			El Pilar.	69	59	Vapor	26.600	18	1.100	287	23'91	1904		
			Herederos de P. Catalá Badenes.		67	—	30.000	18	1.000	100	8'33	1904		
			D.ª Consuelo Font de Mora.		32	—	28.300	30	1.500	213	17'77	1905		
			Virgen de Gracia.	50	58	—	25.300	30	1.500	223	18'58	1909		
1905			San Roque.	112	63	Electro	10.700	35	1.500	205	17'08	1909		
			Camino de la Carretera.	48	44	—	23.000	6	1.000	300	25	1902		
1906			El Progreso.	58	32	—	23.800	36	1.500	288	23'92	1902		
			Masá del Palleter.	41	49	—	25.000	25	1.200	222	18'58	1902		
			Fomento de la Agricultura.	43	58	—	31.000	35	1.500	300	25	1904		
1907			La Purificación.	76	49	Gas pobre	28.000	25	1.500	254	21'16	1904		
			Pozo Segura.	83	56	Vapor	45.000	55	2.500	435	36'25	1906		
1908			Unión Agrícola.	114	48	—	29.000	35	2.000	332	26'83	1909		
			San Pedro.	63	54	—	22.500	36	1.500	281	23'41	1909		
			Virgen del Carmen.	70	50	—	25.000	25	1.500	272	22'66	1909		
1909			Corazón de Jesús.	49	29	—	15.000	15	1.200	220	18'56	1909		
			Balsa de Insa.	69	60	Gas pobre	30.000	35	1.200	290	24'16	1909		
			Viuda de D. Vicente Obag.		56	Vapor	25.000	25	1.100	284	23'66	1905		
1910			Ídem id. Enrique Ageri.		57	—	24.500	6	1.000	135	11'25	1879		
			Ídem id. Antonio Millá.		55	—	24.500	6	1.000	335	26'85	1891		
			D. José R. Latorra-Batalla.		41	—	13.390	10	1.000	213	17'75	1891		
1911			San Pascual.	44	44	Vapor	16.000	6	1.000	329	27'41	1901		
			Explotación Agrícola.	54	48	—	23.400	30	1.500	276	23	1902		
1912			San Isidro.	35	35	—	18.000	23	1.100	287	21'50	1902		
			San Vicente del Colmenar.	40	48	—	17.000	25	1.000	361	30	1904		
			El Porvenir.	33	64	Gas pobre	29.000	30	1.000	224	18'66	1904		
			La Fortuna.	53	58	Vapor	24.800	30	1.200	333	27'65	1904		
			La Felicidad.	43	54	Gas pobre	32.000	40	1.500	228	19	1905		
			San José.	34	35	Vapor	29.000	30	1.200	258	21'50	1905		
			El Coscollar.	72	60	—	25.900	30	1.500	285	23'67	1905		
			San Antonio.	64	53	Gas pobre	41.000	40	1.500	293	24'41	1905		
1913			La Hidráulica.	89	35	Vapor	25.900	30	1.500	390	32'50	1909		
			TOTALES.	1.795			976.230	1.042	49.100	9.856	829'50			

Transformación secano en regadío 1902 - 1913

San Roque 1909

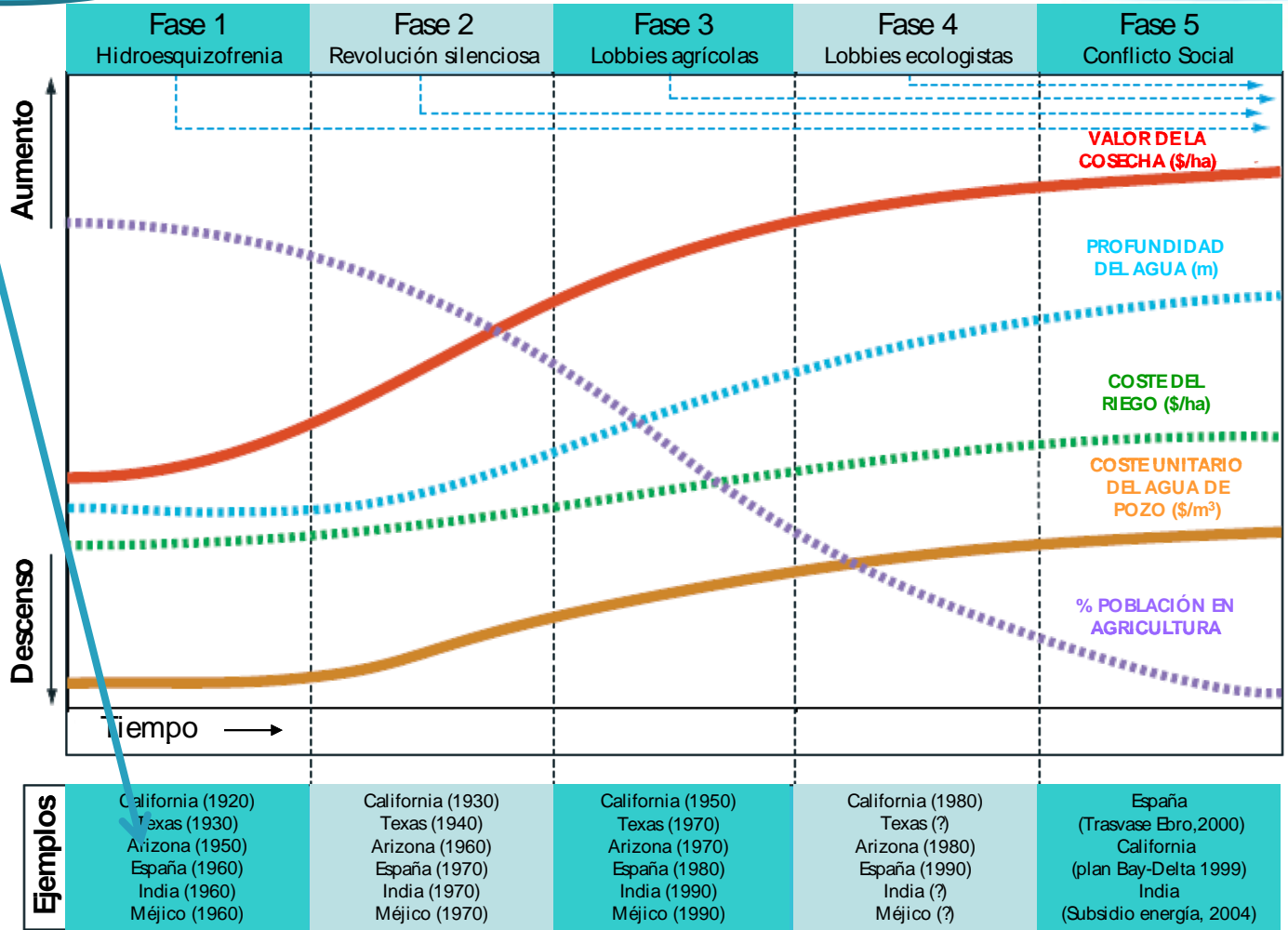
Primer motor eléctrico asíncrono, Tesla 1888

Llamas: La revolución silenciosa.

JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT © ASCE / SEPTEMBER/OCTOBER 2005 / 337

España 1960

¡¡Els atrevits, 1894 !!



INDICE

EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

1. Introducción
2. Una perspectiva histórica
3. Agua subterránea – Energía – Cambio climático
4. El creciente peso de la factura de la energía.
5. Las bombas y su punto de funcionamiento
6. La necesidad de regular
7. La necesidad de medir
8. La necesidad de optimizar el consumo de energía
9. Balances coste/beneficio
10. Conclusiones

Huella energética del manejo del agua

AGUA:

- El uso sostenible del agua consume energía

ENERGÍA

- El consumo de energía conlleva emisión de GEI

EMISIONES

- La emisión de GEI altera el clima

CLIMA

La alteración del clima modifica el régimen de lluvias con tendencia (al menos en el Mediterráneo) a su disminución

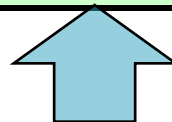
Huella emisión GEI



Agua subterránea – Energía – Cambio climático

CARACTERISTICAS DE LOS REGADIOS ESPAÑOLES							
SISTEMA DE RIEGO	SUPERF. RIEGO 2008 (HA)	ORIGEN DEL AGUA (%)					USO MEDIO DE AGUA (M3/HA)
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEO	TRASVASES	DESALACION	REUTILIZACION	
Gravedad	1.082.602	84	13,2	2,7		0,1	7500
Aspersión y automotriz	727.523	71	28,6	0,1		0,3	6500
Localizado	1.482.054	54	39,3	4,5	1,1	1,1	5000
TOTAL REGADIOS	3.308.643	67,6	28,4	2,9	0,5	0,6	6.154

Superficie en invernadero	65.991
---------------------------	--------



Fuente: Joan Corominas, 2010

Agua subterránea – Energía – Cambio climático

SISTEMA DE RIEGO	ENERGIA GASTADA EN EL RIEGO (KWH/M3)							
	BAJA			ALTA			TOTAL	
	SISTEMA DE RIEGO	CAPTACION		TRANSPORTE Y TRATAMIENTO				
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEO	TRASVASES	DESALACION	REUTILIZACION	ZONA RIEGO (BAJA)	INCLUIDO TRANSPORTE Y TRATAMIENTO (ALTA Y BAJA)
Gravedad		0,02	0,15	1,20	3,70	0,25	0,04	0,07
Aspersión y automotriz	0,24	0,05	0,25	1,20	3,70	0,25	0,35	0,35
Localizado	0,18	0,10	0,50	1,20	3,70	0,25	0,43	0,53
TOTAL REGADIOS	0,13	0,06	0,39	1,20	3,70	0,25	0,28	0,34

Fuente: Joan Corominas, 2010



INDICE

EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

1. Introducción
2. Una perspectiva histórica
3. Agua subterránea – Energía – Cambio climático
4. El creciente peso de la factura de la energía.
5. Las bombas y su punto de funcionamiento
6. La necesidad de regular
7. La necesidad de medir
8. La necesidad de optimizar el consumo de energía
9. Balances coste/beneficio
10. Conclusiones

El creciente peso de la factura de la energía

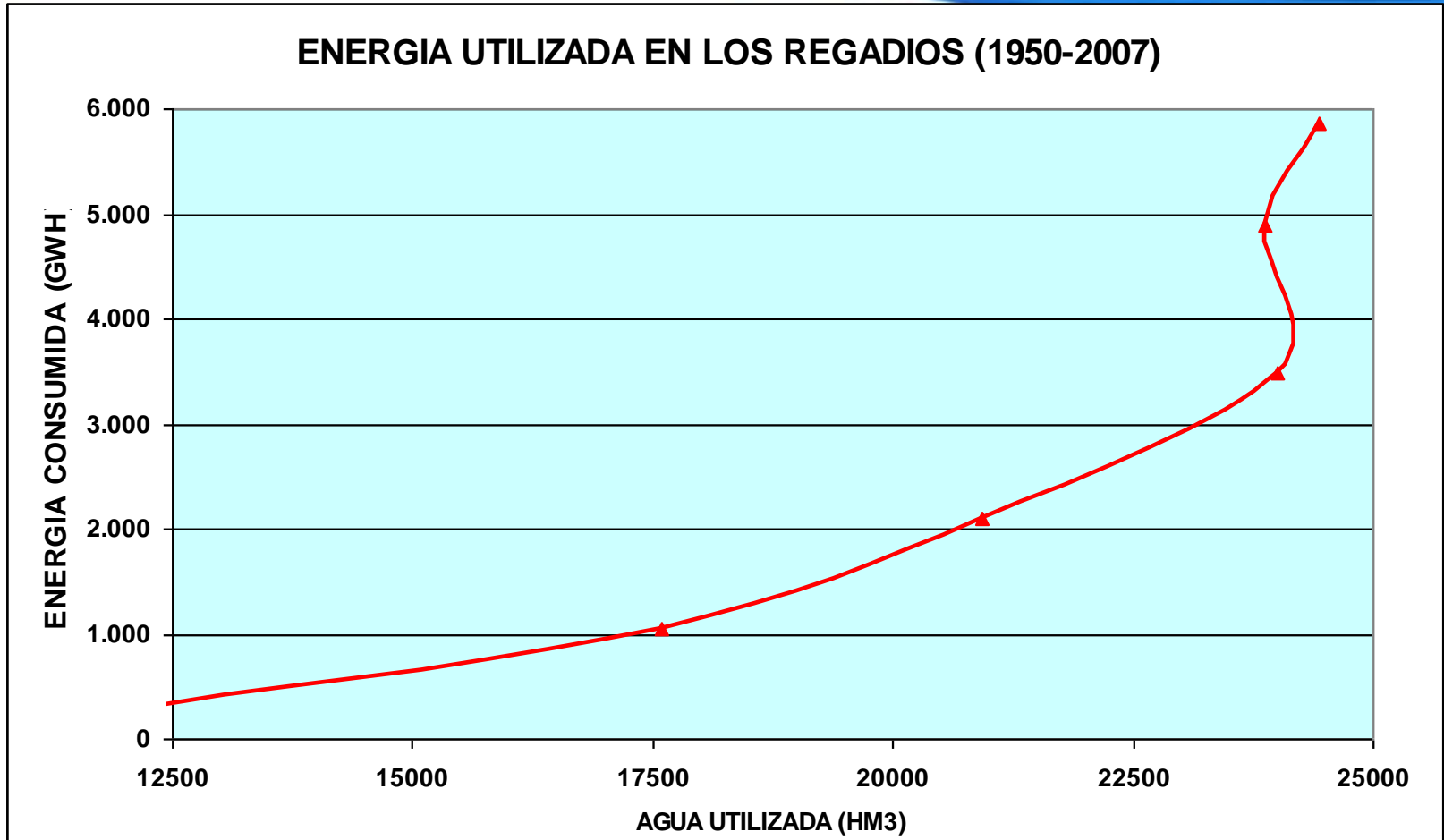
SISTEMA DE RIEGO	ENERGIA CONSUMIDA (KWH/ HA)	
	ZONA RIEGO (BAJA)	INCLUIDO TRANSPORTE Y TRATAMIENTO (ALTA Y BAJA)
Gravedad	275	519
Aspersión y automotriz	2256	2268
Localizado	2153	2640
TOTAL REGADIOS	1.738	2.077

≈ 24 €/hanegada

TOTAL ENERGIA PARA REGADIO (GWH)	5.752	6.873
% SOBRE TOTAL ENERGIA ELECTRICA EN ESPAÑA	1,98	2,37

Fuente: Joan Corominas, 2010

El creciente peso de la factura de la energía



Fuente: Joan Corominas, 2010

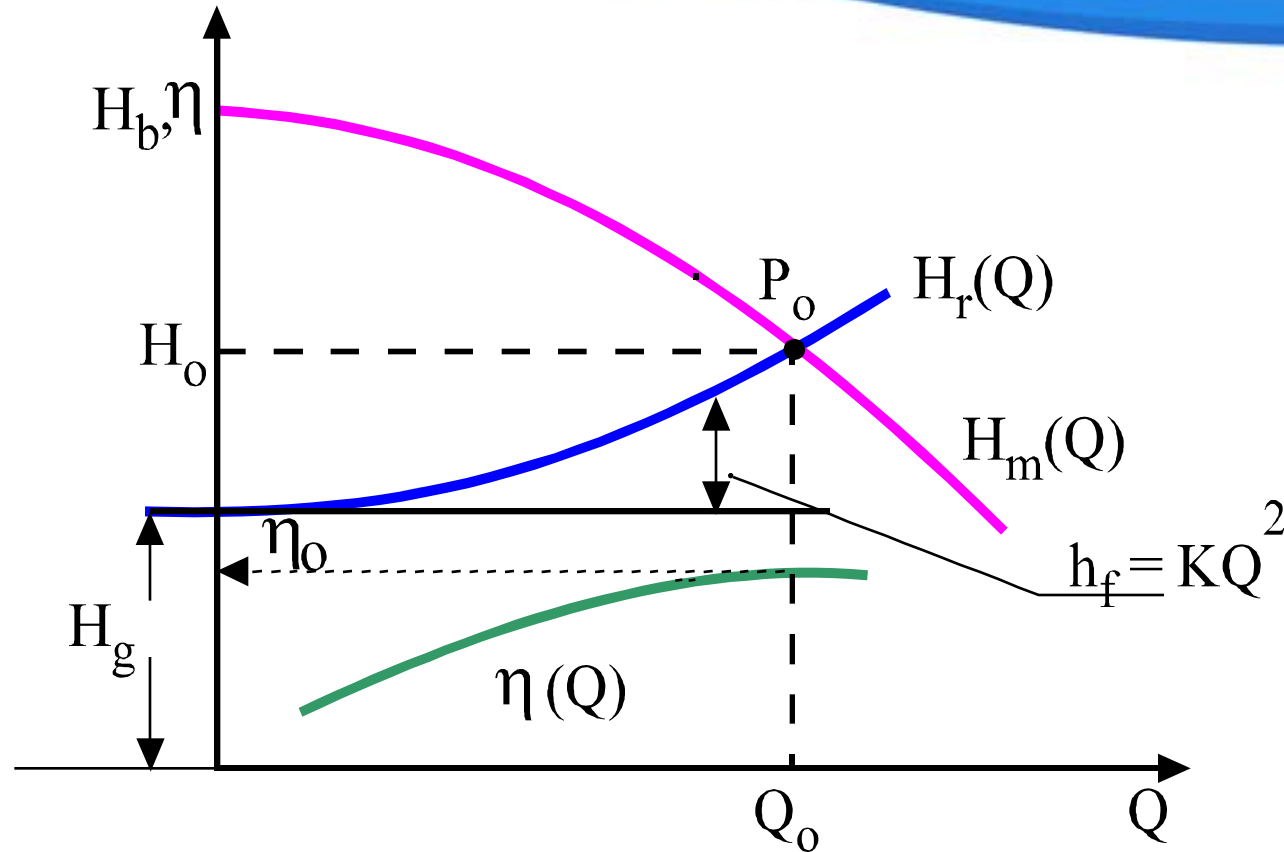
INDICE

EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

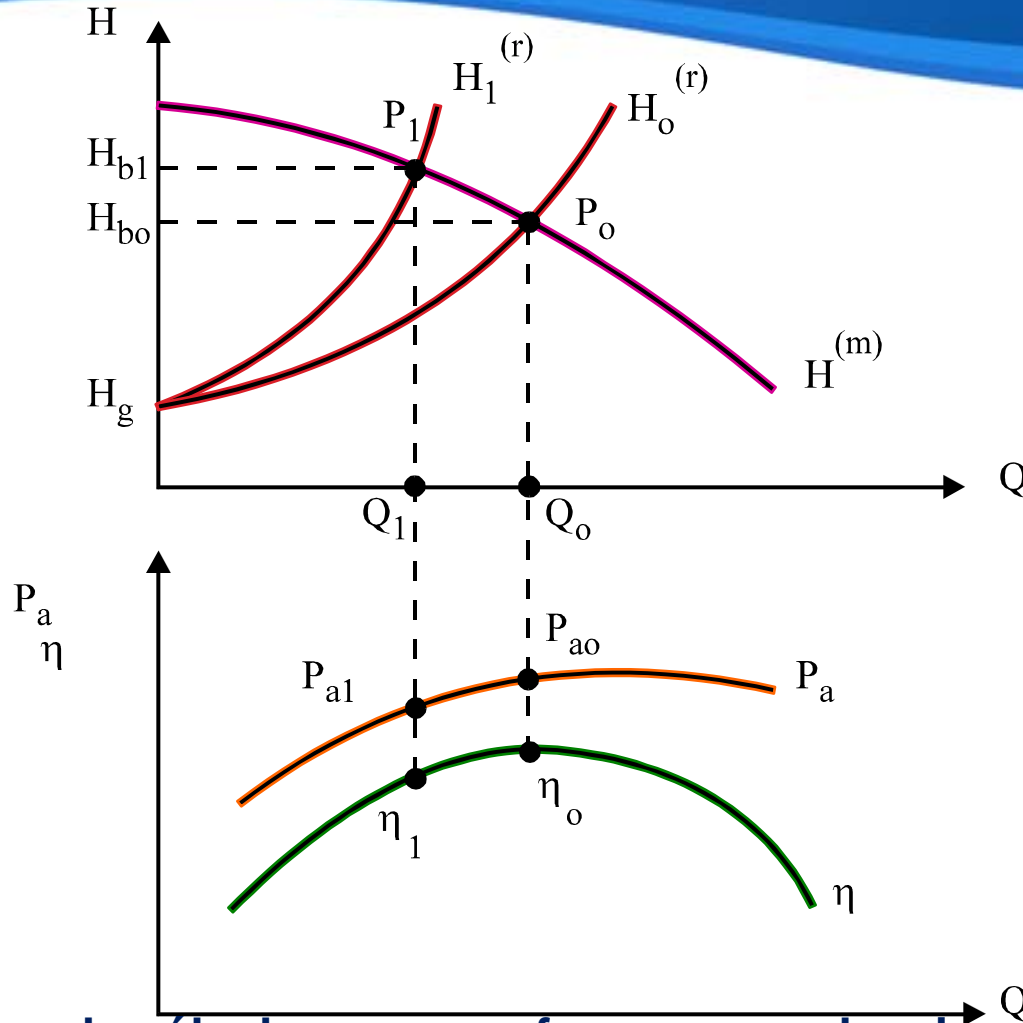
1. Introducción
2. Una perspectiva histórica
3. Agua subterránea – Energía – Cambio climático
4. El creciente peso de la factura de la energía.
5. Las bombas y su punto de funcionamiento
6. La necesidad de regular
7. La necesidad de medir
8. La necesidad de optimizar el consumo de energía
9. Balances coste/beneficio
10. Conclusiones

Las bombas y su punto de funcionamiento



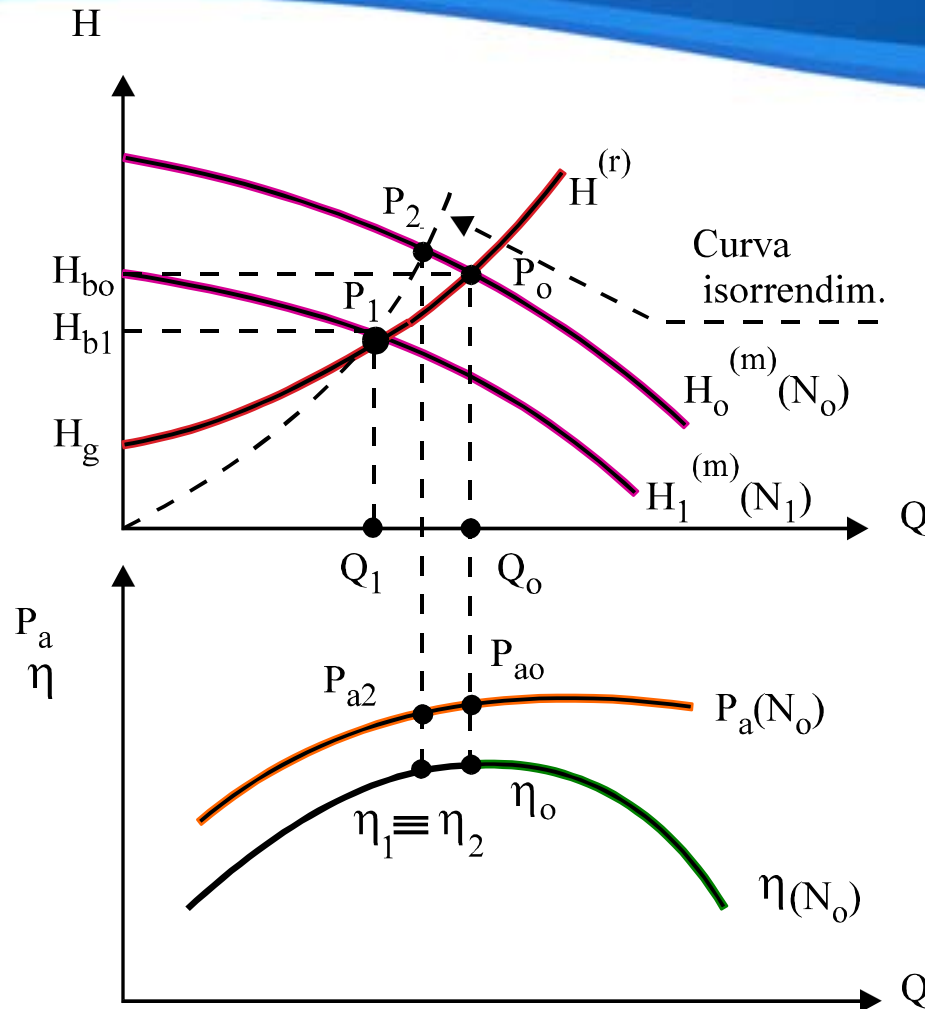
El punto de funcionamiento de una bomba a una velocidad de giro es ¡¡¡UNICO!!!.
Hay que procurar que todas las bombas trabajen en su punto óptimo

Las bombas y su punto de funcionamiento



Regular, cerrando válvula, es como frenar un coche sin quitar el pie del acelerador y con el freno de mano

Las bombas y su punto de funcionamiento



Hay que regular con variadores de frecuencia. Un análisis coste beneficio evidencia que se amortiza la inversión en muy poco tiempo

INDICE

EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

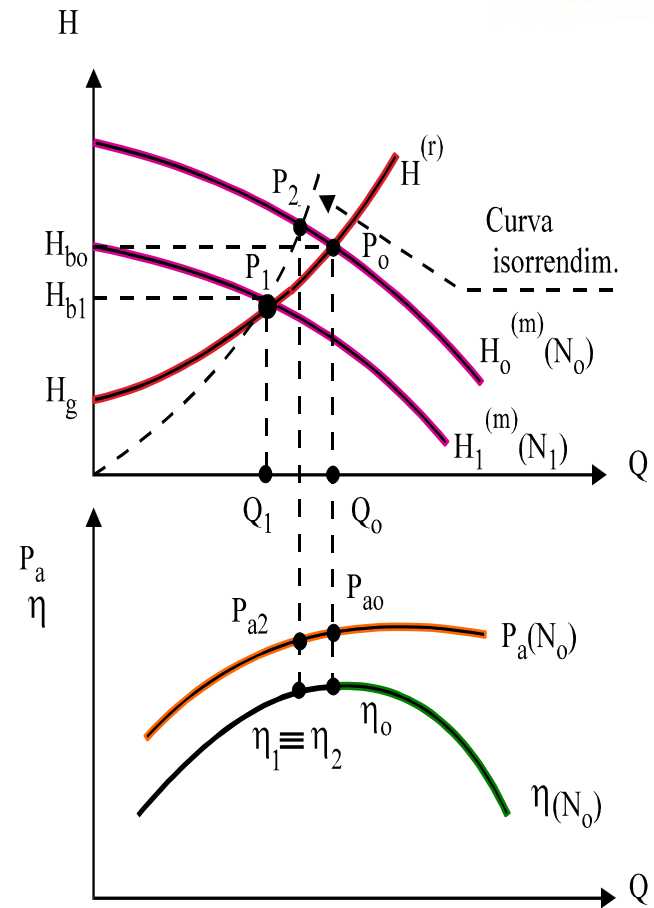
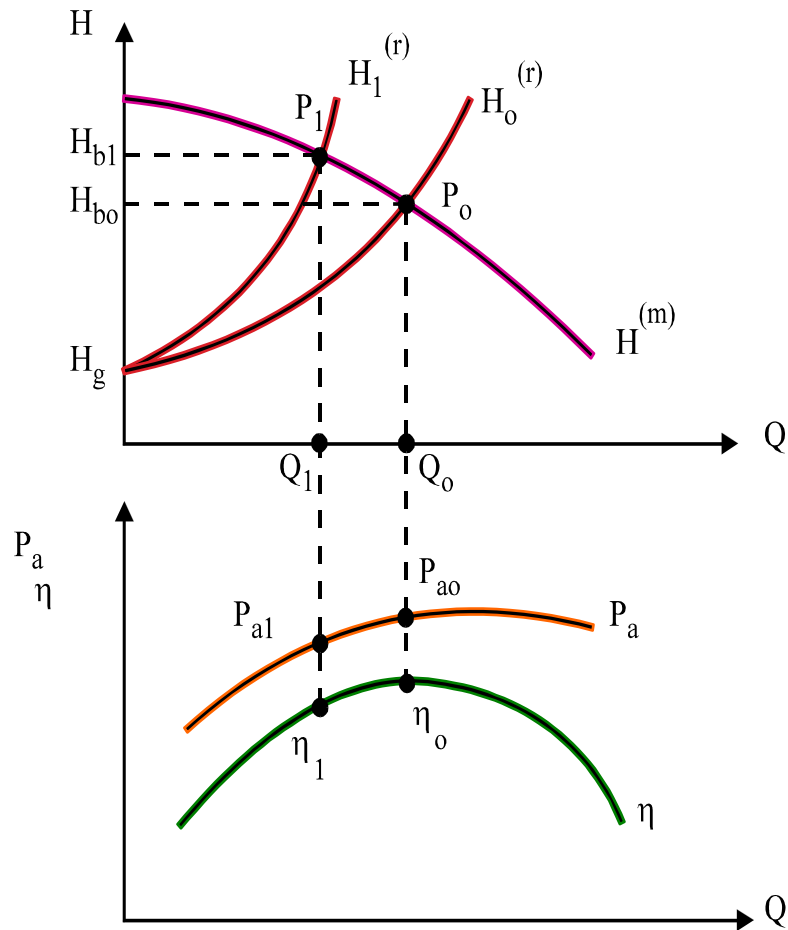
1. Introducción
2. Una perspectiva histórica
3. Agua subterránea – Energía – Cambio climático
4. El creciente peso de la factura de la energía.
5. Las bombas y su punto de funcionamiento
6. La necesidad de regular
7. La necesidad de medir
8. La necesidad de optimizar el consumo de energía
9. Balances coste/beneficio
10. Conclusiones

La necesidad de regular

- En el bombeo: Variaciones de nivel
La altura dinámica del pozo depende del balance elevación – recarga. Es muy variable sobre todo en épocas de sequía.
- Antes se operaba una válvula. Curva resistente
- Hoy variador de velocidad (variador de frecuencia)

$$N = (60 \times f) / p$$

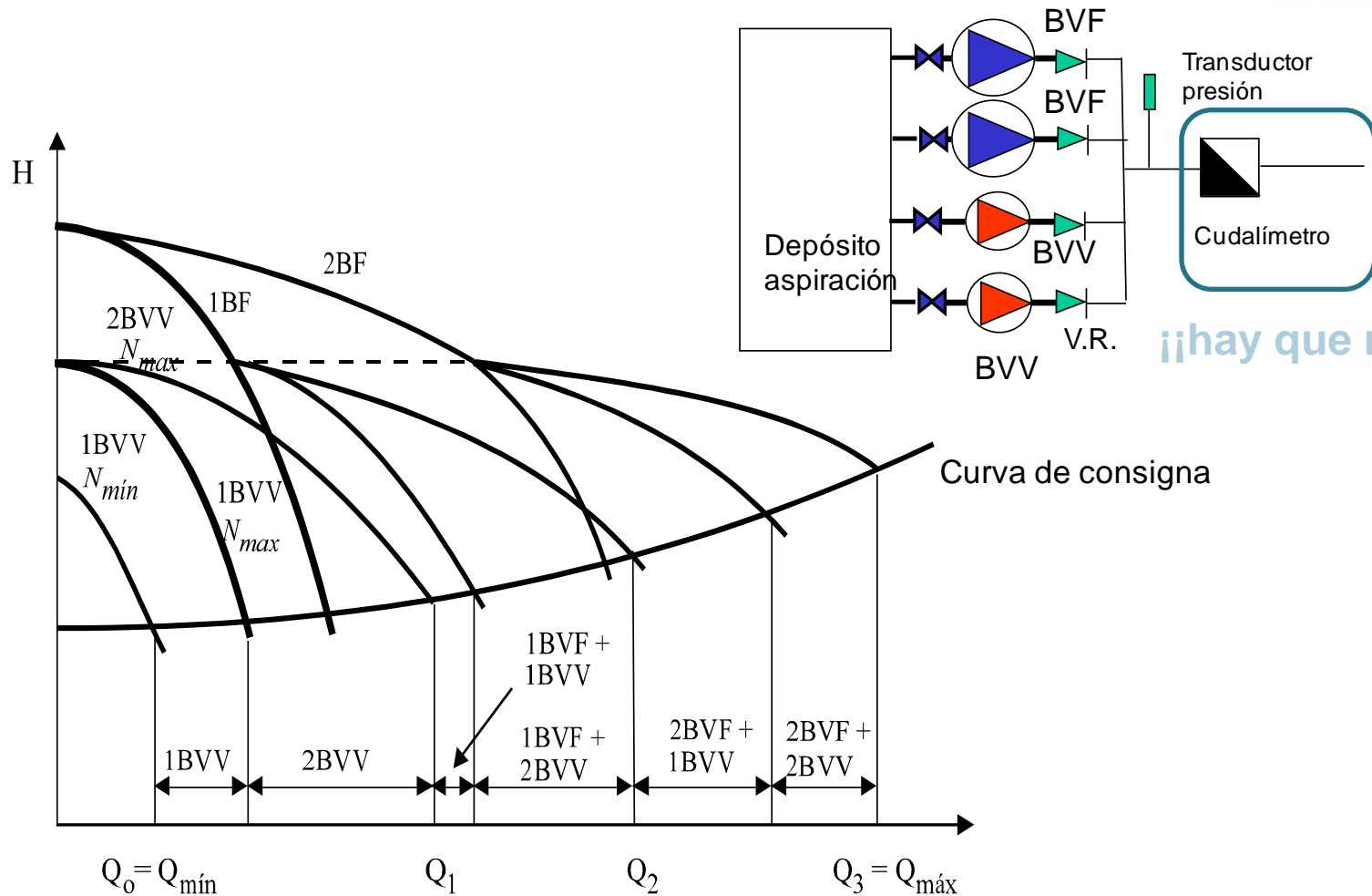
La necesidad de regular



La necesidad de regular

Seguir C.Consigna $H=f(Q)$ con 2 BVF y 2 BVV

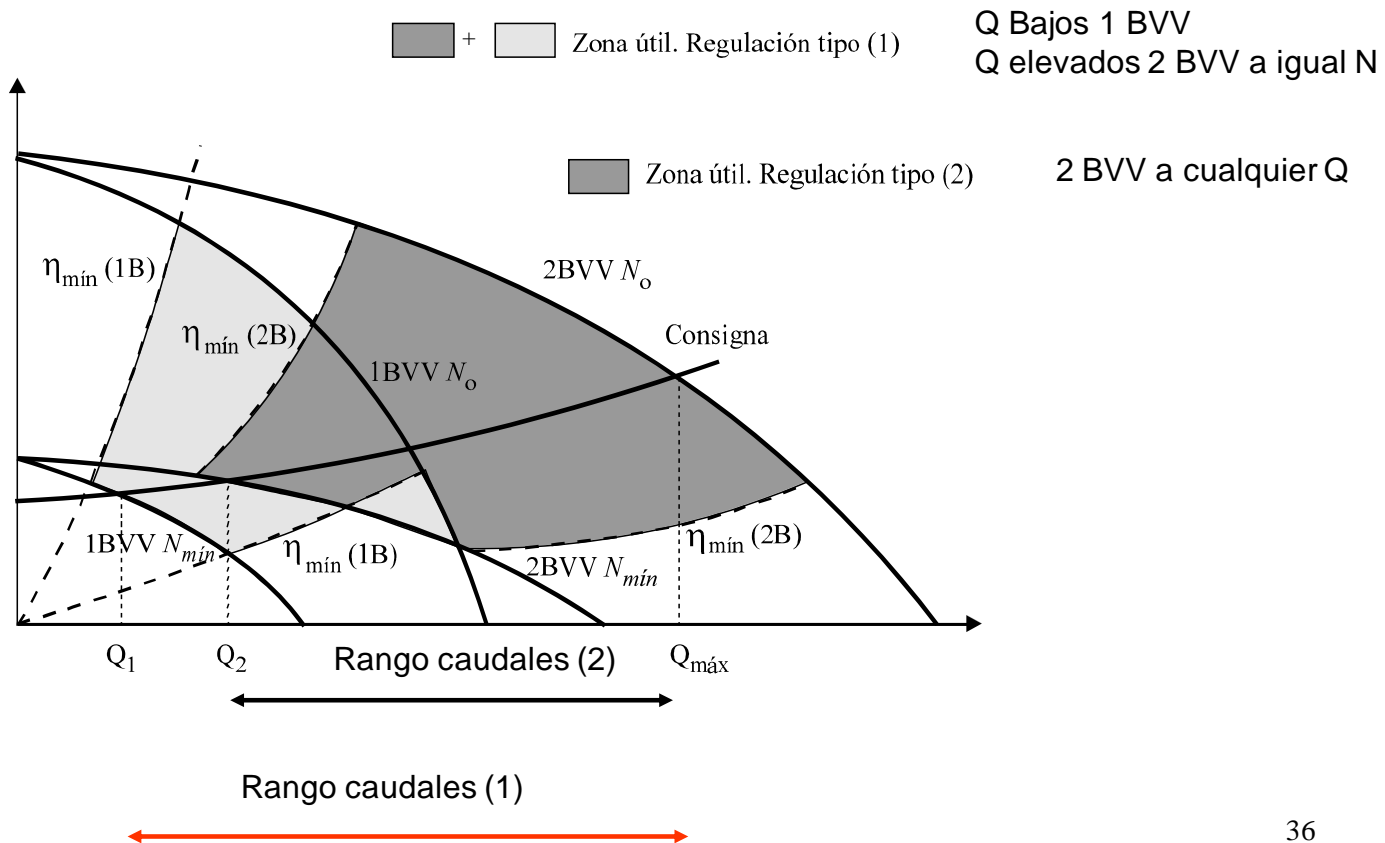
Ejemplo de regulación en un re bombeo



La necesidad de regular

REGULACIÓN COMPARTIDA 2 BVV

Ejemplo de regulación en un re bombeo



INDICE

EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

1. Introducción
2. Una perspectiva histórica
3. Agua subterránea – Energía – Cambio climático
4. El creciente peso de la factura de la energía.
5. Las bombas y su punto de funcionamiento
6. La necesidad de regular
7. La necesidad de medir
8. La necesidad de optimizar el consumo de energía
9. Balances coste/beneficio
10. Conclusiones

LA NECESIDAD DE MEDIR

iii Y MEDIR BIEN!!!. Eligiendo correctamente manómetro y el caudalímetro



Rango: 0-10 bar



Rango: 30-3000 l/h

LA NECESIDAD DE MEDIR



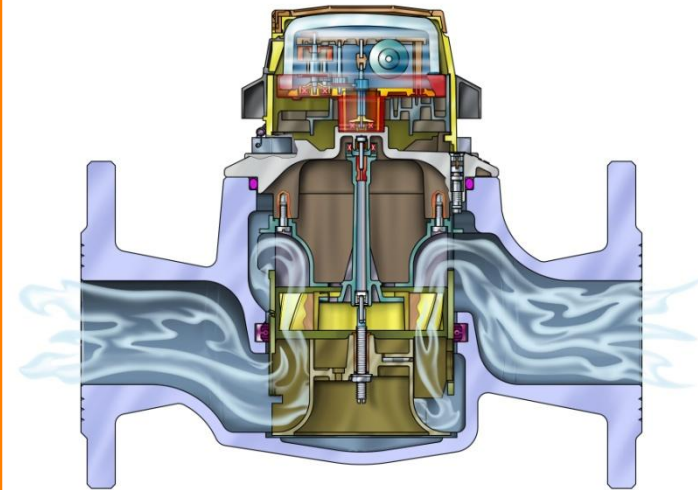
Woltmann horizontal



Woltmann vertical



Woltmann en codo

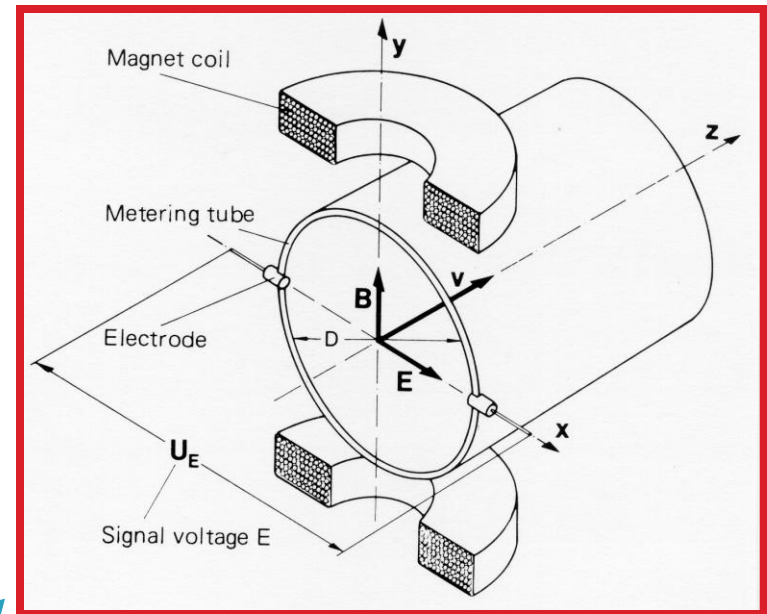


Woltmann vertical

Hay que montar bien,...

LA NECESIDAD DE MEDIR

- Y el contador más adecuado,...



Caudalímetro
electromagnético

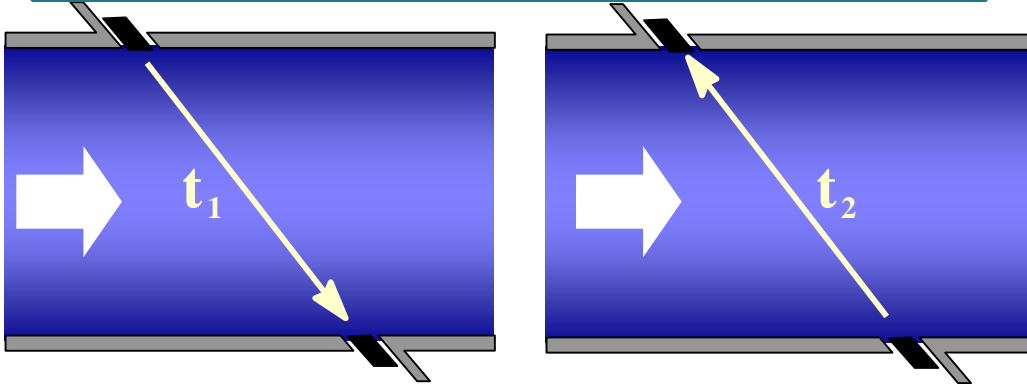
$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot K \cdot L} \left(\frac{E}{B} \right) = C \left(\frac{E}{B} \right)$$

LA NECESIDAD DE MEDIR

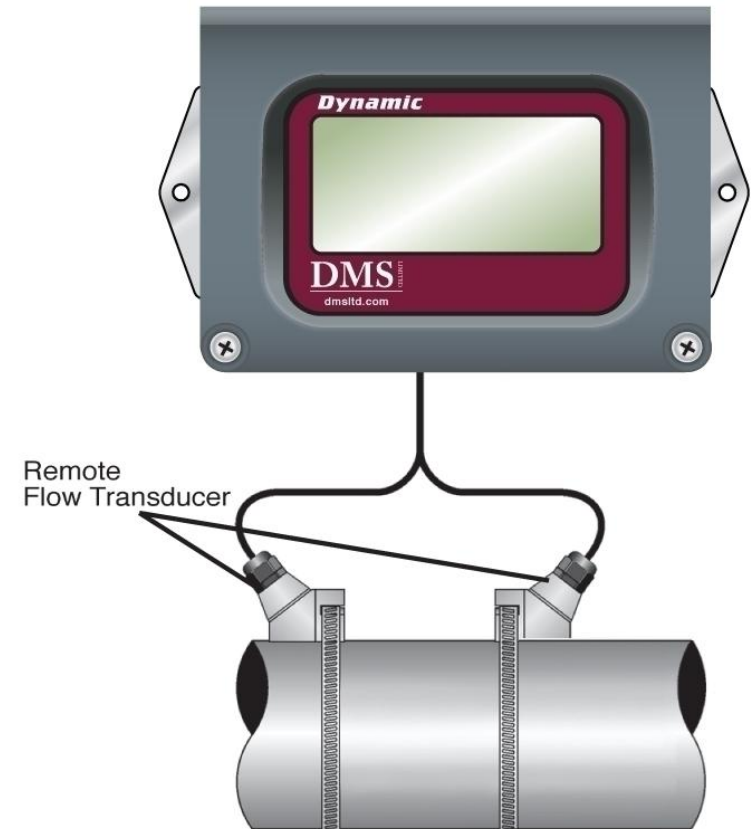
Y el contador más adecuado,...

$$t_1 = \frac{L}{c + V \cdot \cos \alpha}$$

$$t_2 = \frac{L}{c - V \cdot \cos \alpha}$$



Caudalímetro ultrasónico



LA NECESIDAD DE MEDIR

Equipos registradores para controlar el funcionamiento en continuo



LA NECESIDAD DE MEDIR, ..., bien

ASESORAMIENTO TÉCNICO EN LA ELABORACIÓN DE DIRECTRICES RELATIVAS A LA INSTALACIÓN, UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MEDIDA EN CAPTACIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU ADECUACIÓN AL USO FINAL

**INFORME SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DE
LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN**

LA NECESIDAD DE MEDIR, ..., bien

¡¡Contador inmediatamente después de un codo!!



LA NECESIDAD DE MEDIR, ..., bien

¡¡Contador proporcional que no funciona bien!!



LA NECESIDAD DE MEDIR, ..., bien

¡¡Contador lleno de arena!!



LA NECESIDAD DE MEDIR, ..., bien

¡¡Contador que no registra toda el agua elevada!!



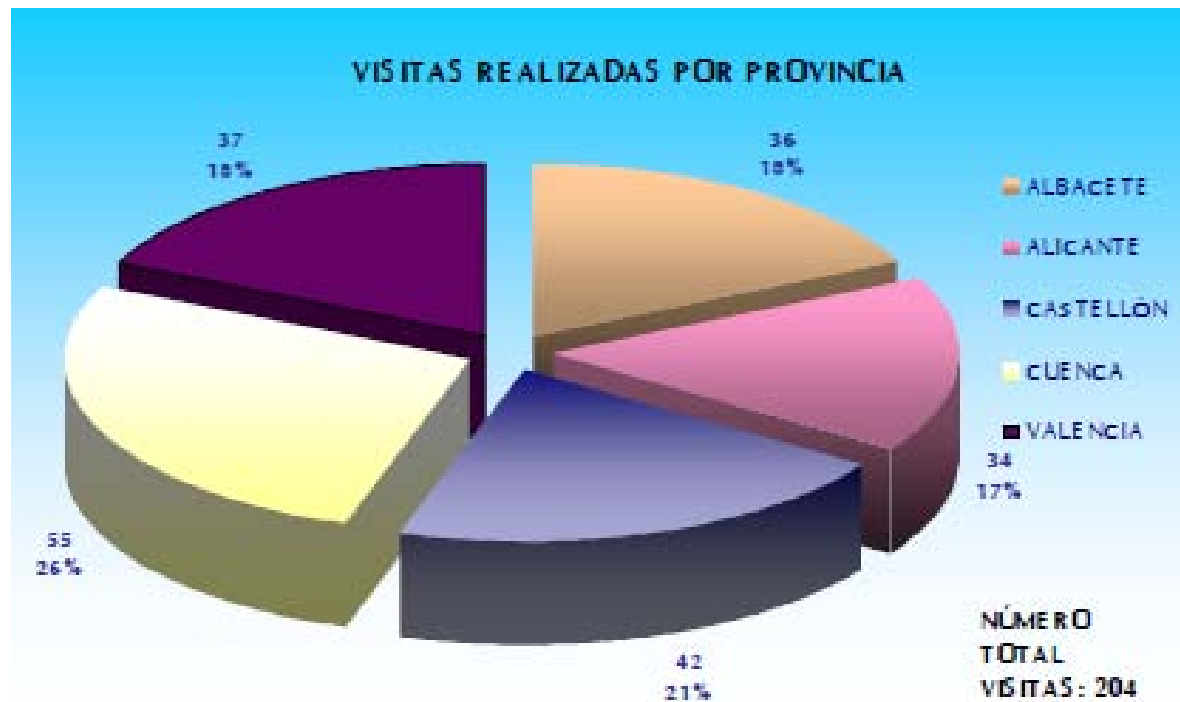
LA NECESIDAD DE MEDIR, ..., bien

!!!En algún tiempo hubo un contador!!!



LA NECESIDAD DE MEDIR,...., bien

Lo que se visitó (una muestra representativa)



LA NECESIDAD DE MEDIR,...., bien

Incidentes más frecuentes	Efectos en la medición
No se habilitan los tramos rectos necesarios aguas arriba o abajo del contador	La medición no se realiza adecuadamente
No se monta un filtro aguas arriba del contador	Disminución vida útil del equipo de medida.
Existe un filtro aguas arriba del equipo de medida y está obturado	Posibilidad de errores en la medida
Instalación de un equipo de medida sobredimensionado	La medición no se realiza adecuadamente. Disminución de la vida útil equipo medida.
Equipo instalado en un punto alto del sistema.	Posibilidad de funcionamiento del instrumento en lámina libre.
Caudal circulante por el equipo de medida demasiado alto	La medición no se realiza adecuadamente. Disminución de la vida útil del equipo.
Circulación del flujo en ambas direcciones	Errores en la estimación de los volúmenes totalizados en sentido directo
Equipos sometidos a condiciones ambientales	Disminución de la vida útil del equipo.
Dificultad para la comprobación de que todo el volumen circula por el equipo de medida	Alta probabilidad de fraude
Retirada del equipo de medida	Fraude
Equipos instalados en posición inclinada.	Posible deterioro del medidor
Instalación de un equipo de medida infradimensionado	Disminución vida útil equipo medida.
Instalación de una toma de comprobación aguas arriba del medidor	Posibilidad de fraude
Desconexión de la red eléctrica de algunos equipos de medida	Posibilidad de fraude

INDICE

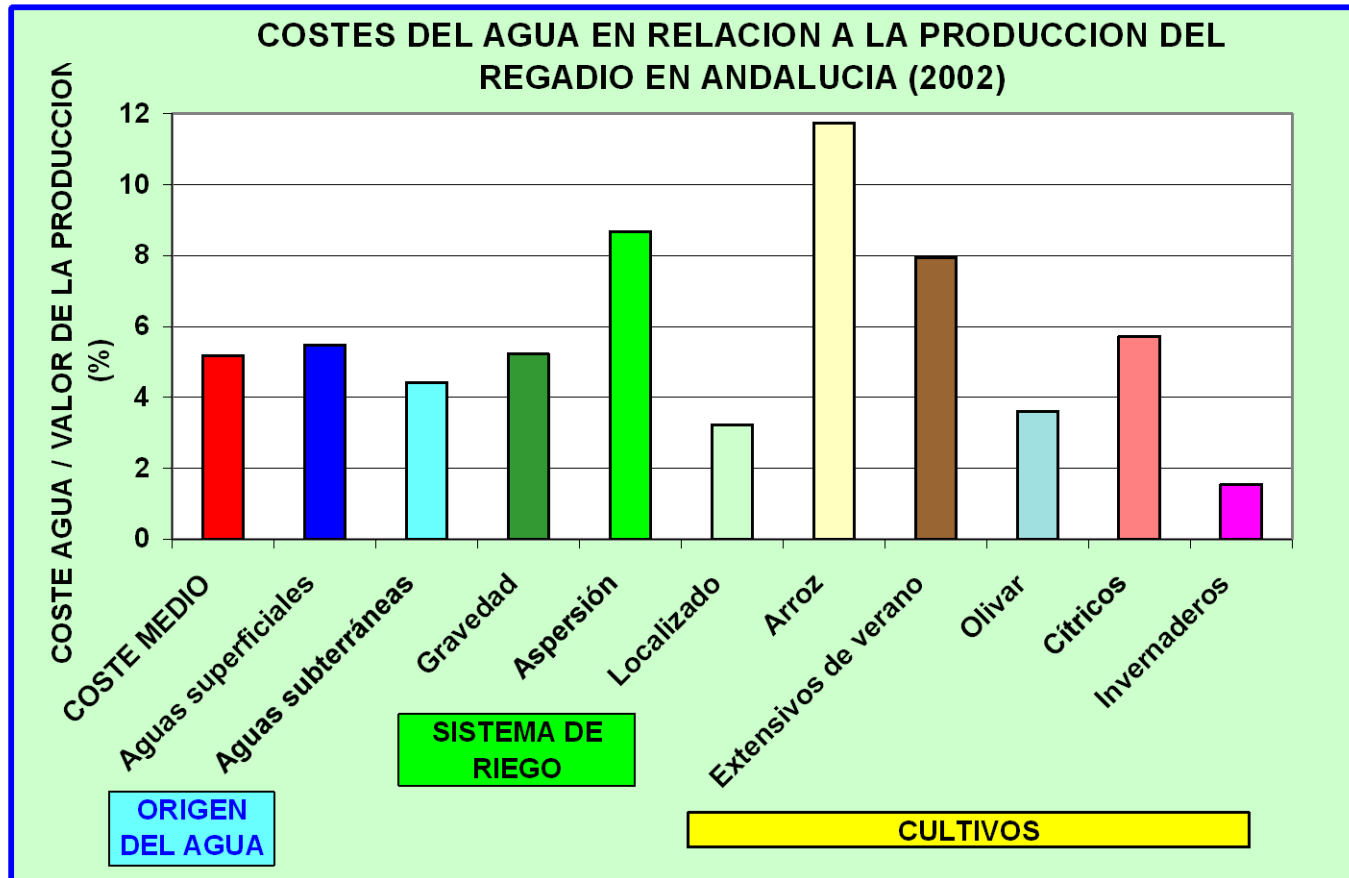
EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

1. Introducción
2. Una perspectiva histórica
3. Agua subterránea – Energía – Cambio climático
4. El creciente peso de la factura de la energía.
5. Las bombas y su punto de funcionamiento
6. La necesidad de regular
7. La necesidad de medir
8. La necesidad de optimizar el consumo de energía
9. Balances coste/beneficio
10. Conclusiones

El importe de la energía es asunto clave para que la agricultura sea económicamente sostenible (la mayor parte del coste del agua es energía)

Corominas, 2010



LA NECESIDAD DE OPTIMIZAR EL CONSUMO DE ENERGÍA

- El consumo de energía es función del caudal trasegado, la altura de bombeo y el punto de funcionamiento de las bombas
- Con un **manómetro** conozco la altura de bombeo
- Con un **caudalímetro** el caudal circulante
- A partir de los valores precedentes, tengo el punto de funcionamiento.
- Conozco el rendimiento teórico de la bomba
- Pero LAS CURVAS a veces no dicen la verdad. O, también, las bombas se desgastan.
- VERIFICACIÓN ELÉCTRICA

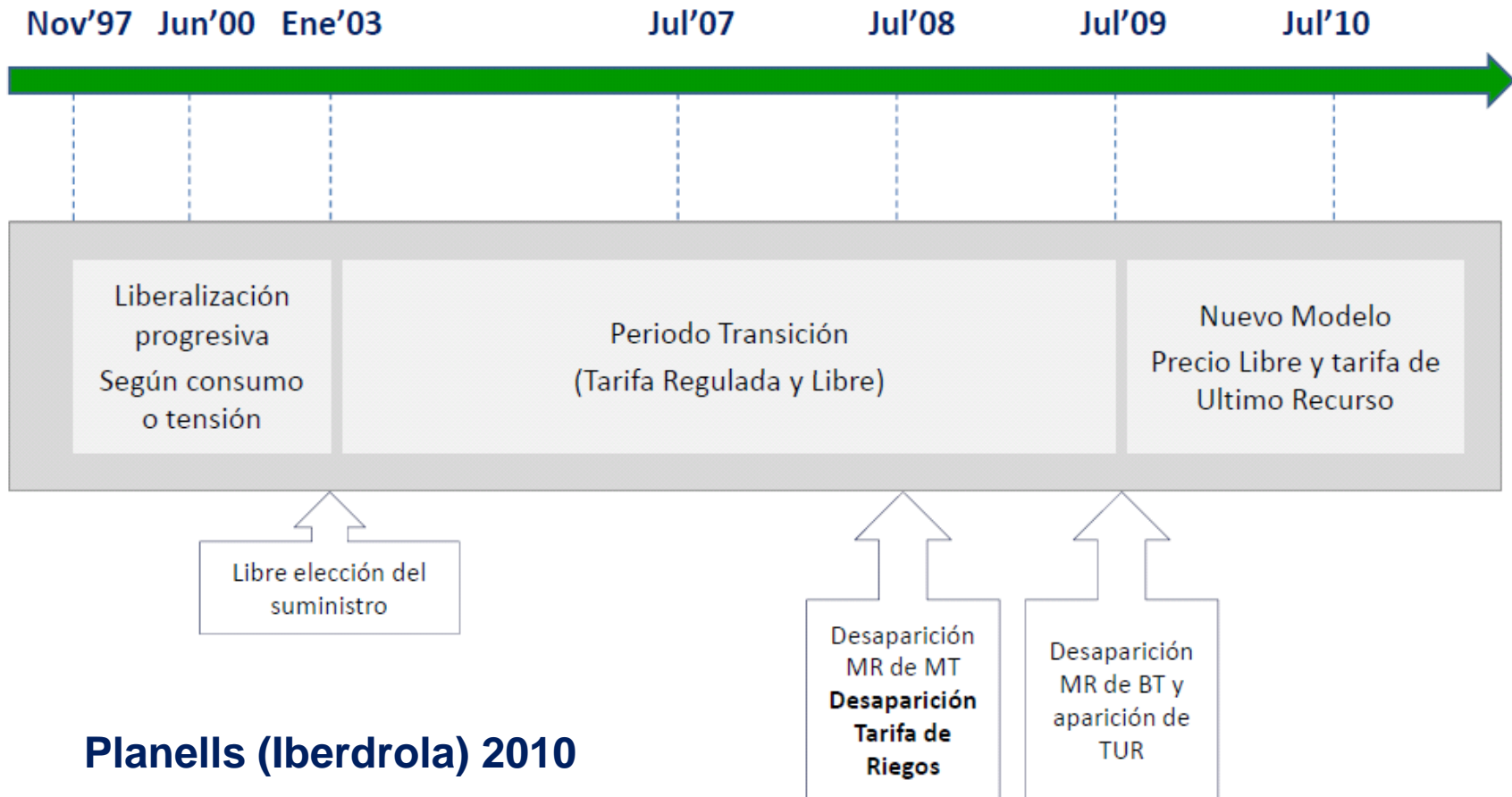
LA NECESIDAD DE OPTIMIZAR EL CONSUMO DE ENERGÍA

Con el paso del tiempo las condiciones de funcionamiento pueden variar. Hay que estar siempre vigilantes. Para ello:

- **Medir**
- **Verificar**
- **Hay mucho en juego: costes ambientales**
 $\approx 0.5 \text{ Kg CO}_2/\text{Kwh}$

Precio de un crédito de carbono (10 € - 30 €)

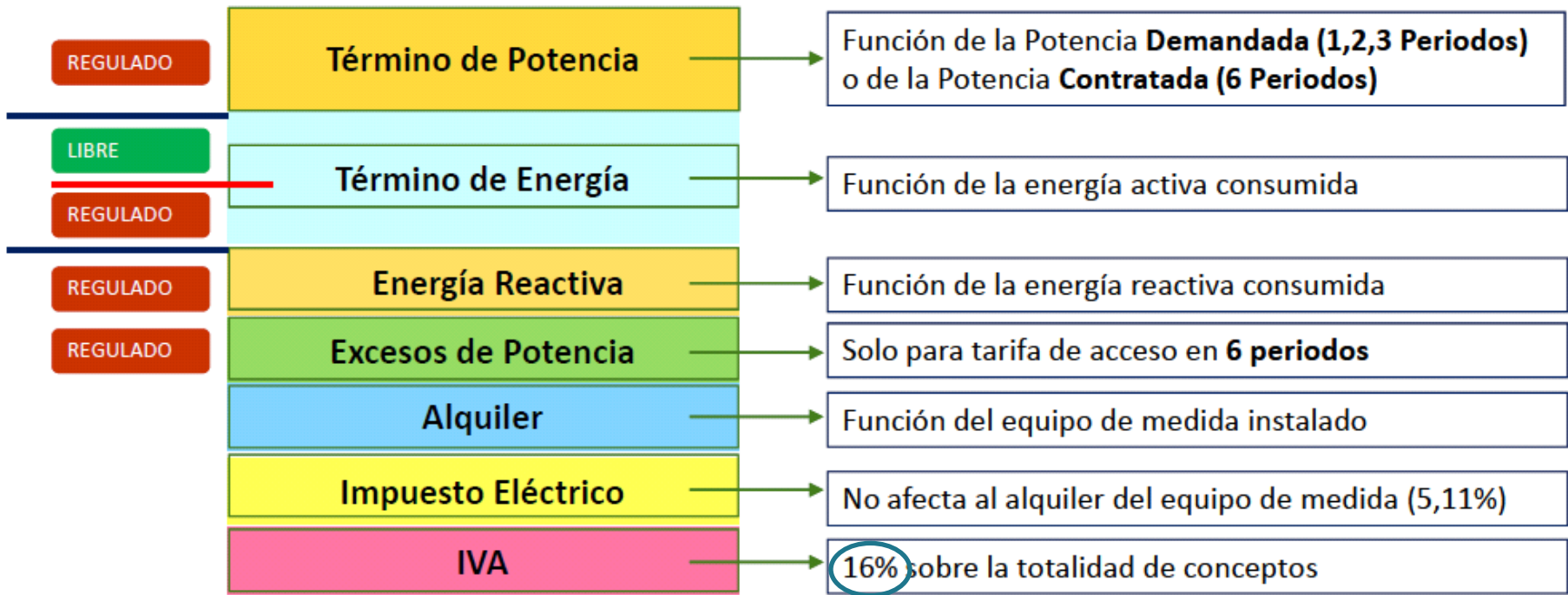
La liberalización del mercado



Planells (Iberdrola) 2010

LA NECESIDAD DE OPTIMIZAR EL CONSUMO DE ENERGÍA

Sumandos de la factura



Planells (Iberdrola), Junio de 2010

Ya el 21%

INDICE

EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

1. Introducción
2. Una perspectiva histórica
3. Agua subterránea – Energía – Cambio climático
4. El creciente peso de la factura de la energía.
5. Las bombas y su punto de funcionamiento
6. La necesidad de regular
7. La necesidad de medir
8. La necesidad de optimizar el consumo de energía
9. Balances coste/beneficio
10. Conclusiones

BALANCES COSTE/BENEFICIO

INTERÉS DEL ESTUDIO: DEPENDE MUCHO DEL CASO

- Caudal y altura
- Horas de funcionamiento/año

60 m de altura; 1500 lpm de caudal, rendimiento global 0,6 y 2000 h/año

25 Kw, 50000 Kwh/año, 8000 €/año

20 % de mejora: 1600 €/año

BALANCES COSTE/BENEFICIO

INTERÉS DEL ESTUDIO: DEPENDE MUCHO DEL CASO

- Caudal y altura
- Horas de funcionamiento/año

100 m de altura; 6000 lpm de caudal, rendimiento global 0,6 y 2000 h/año

165 Kw, 330000 Kwh/año 49500 €/año

20 % de mejora: 10,000 €/año

La bomba completa vale 30000 € (y lo más probable es que no haga falta cambiarla)

BALANCES COSTE/BENEFICIO

INTERÉS DEL ESTUDIO: DEPENDE DEL CASO

- Ahorro notable. Inversión en ocasiones escasa
 - Controlar el funcionamiento de la instalación: ¡¡¡ MEDIR !!!
 - Variadores de velocidad
 - Bomba vieja o inadecuada
- Importante ahorro en la potencia contratada
- Costes ambientales no incluidos (el valor de los créditos de carbono)
- En el precedente ejemplo un 20% de ahorro suponía 66000Kwh/año de ahorro equivalentes en una primera aproximación a unos 70 cc
- El valor de los créditos de carbono es político (10 a 40) €
- No es extraño que la UE haya tomado cartas en este asunto

BALANCES COSTE/BENEFICIO

ALGUNOS NUMEROS FINALES PARA SUBRAYAR LA RELEVANCIA DEL ASUNTO

- En España 6500 Hm³/año de aguas subterráneas elevadas
- Suponiendo 0,4 Kwh/m³ suponen unos 2600 Gwh/año (una tercera parte de la energía total del riego). Nota.- Se ha visto (Corominas) 0,39 Kwh/m³
- Se puede llegar a este valor de manera indirecta:
 - 1,000,000 de pozos
 - Características medias (60 m, 600 lpm, 40% rendimiento), potencia 15 Kw
 - Caudal elevado en una hora: 36 m³ → 15 Kwh/36 m³ ≈ 0,4 Kwh/ m³
 - Potencia efectiva: 15 Gw (Potencia contratada = ¿?)
 - 260 h/año suponen 2600 Gwh/año

INDICE

EL BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Estrategias para optimizar la eficiencia y mejorar su control

1. Introducción
2. Una perspectiva histórica
3. Agua – Energía - Riego
4. El creciente peso de la factura de la energía.
5. Las bombas y su punto de funcionamiento
6. La necesidad de regular
7. La necesidad de medir
8. La necesidad de optimizar el consumo de energía
9. Balances coste/beneficio
10. Conclusiones

Conclusiones

COSTES AMBIENTALES

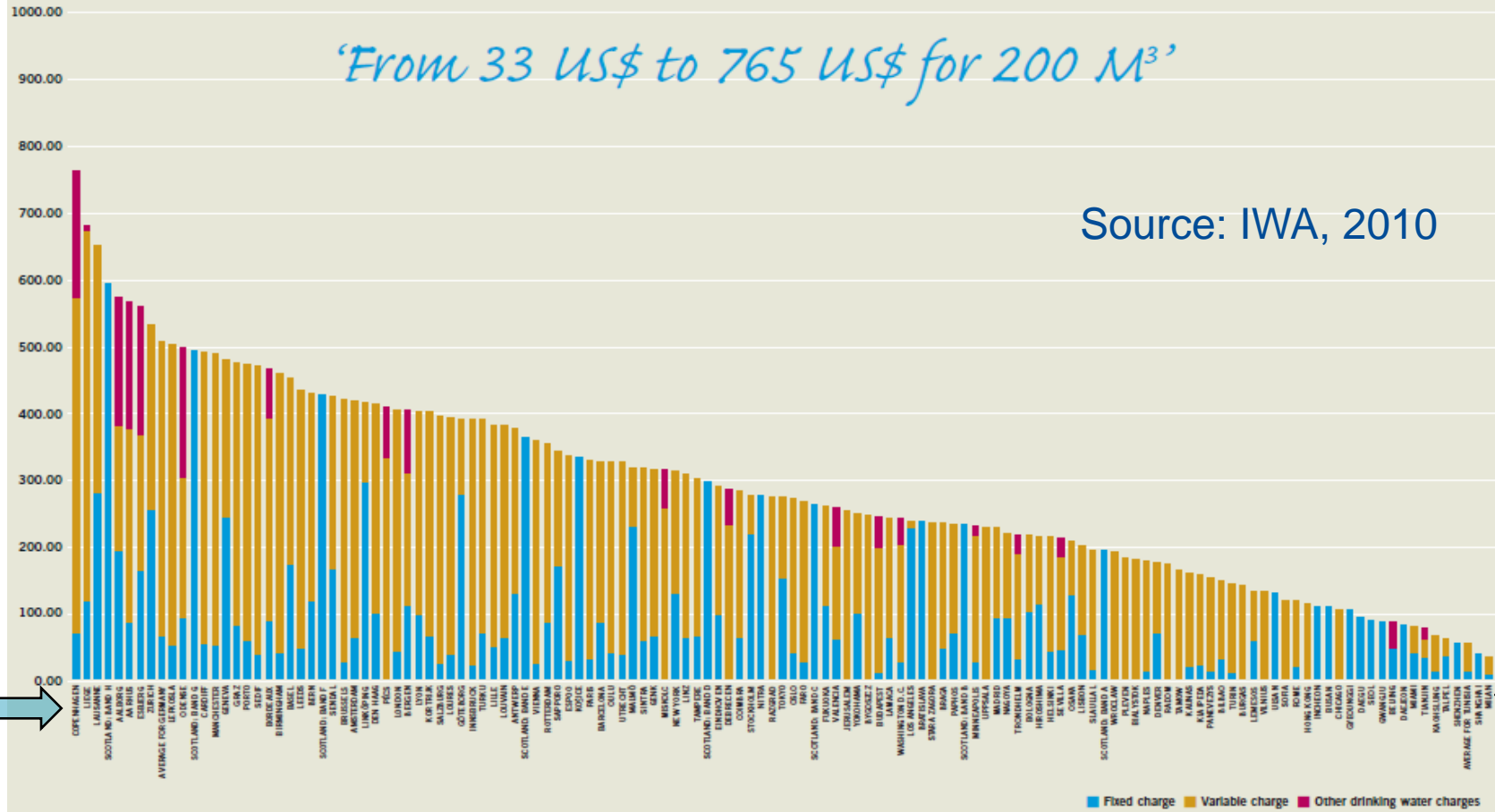
DENMARK 10 l/capita and year (Water bottled)

ITALY 200 l/capita and year (Water bottled)

TOTAL CHARGE DRINKING WATER FOR MORE THAN 100 CITIES 2009
IN US\$ FOR 200 M³

'From 33 US\$ to 765 US\$ for 200 M³'

Source: IWA, 2010



Conclusiones

- **AGUAS SUBTERRÉNAS:**

- Perforación
- Bombeo



INVERSIÓN +

ANUALIDAD (SIN COSTES AMBIENTALES) SÓLO ENERGÍA

- **SOLUCIÓN MÁS ECONÓMICA:**

Anualidad de amortización + anualidad de explotación = VALOR MÍNIMO

- Enorme margen de mejora

- La **energía se ha convertido en el factor que más encarece el agua**. La apuesta por la hidráulica a presión y los precios del Kwh tienen la culpa.