



wilo

BOMBAS DE CIRCULACIÓN Y CIRCUITOS HIDRÁULICOS DE ALTA EFICIENCIA

JORNADA SOBRE APLICACIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA PARA LA CLIMATIZACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ACS EN EDIFICIOS

Christian Keller, Director Técnico, Wilo Ibérica, S.A.



Eficiencia energética

Eficiencia energética en las instalaciones se obtiene mediante:

- Eficiencia en el producto
- Eficiencia en el proyecto
- Eficiencia en la instalación
- Eficiencia en la explotación



Exigencias de eficiencia energética para bombas



REAL DECRETO 1027/2007 (*RITE*)
REAL DECRETO 238/2013



REGLAMENTO (CE) Nº 640/2009



REGLAMENTO (CE) Nº 641/2009
REGLAMENTO (UE) Nº 622/2012

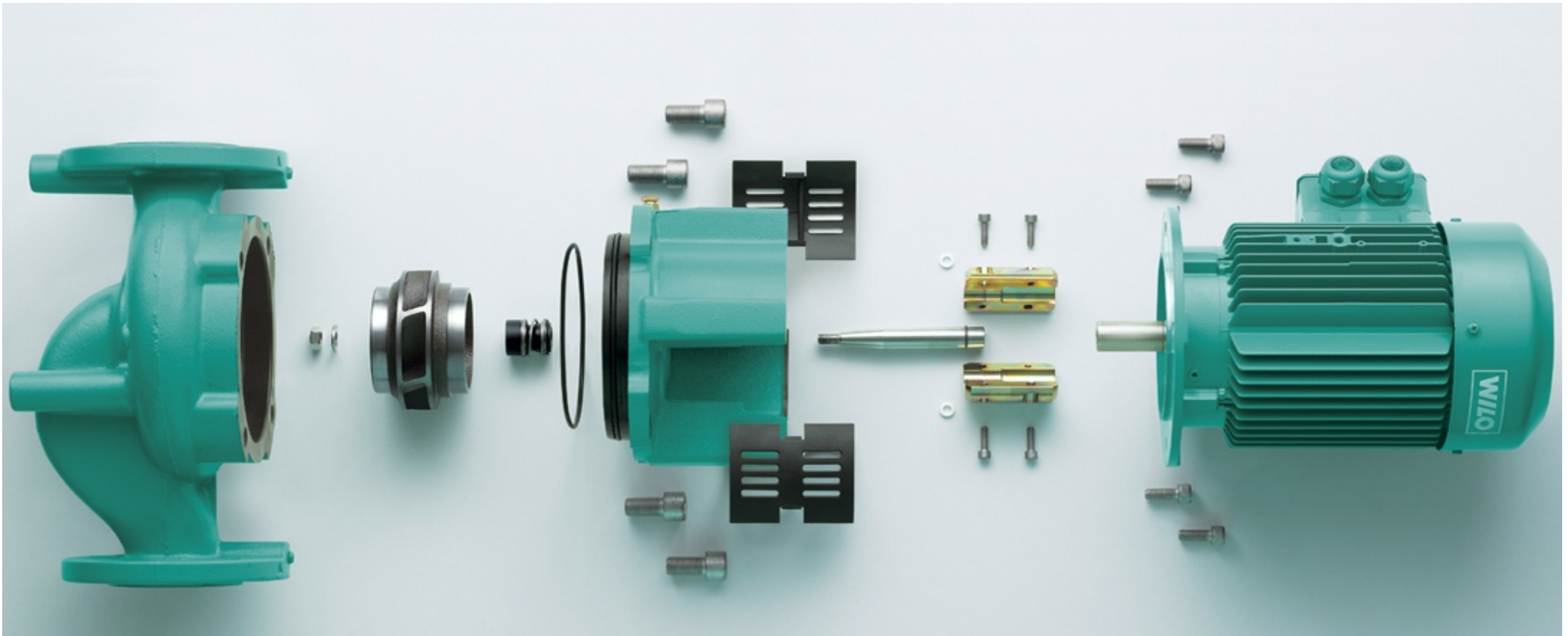


REGLAMENTO (UE) Nº 547/2012

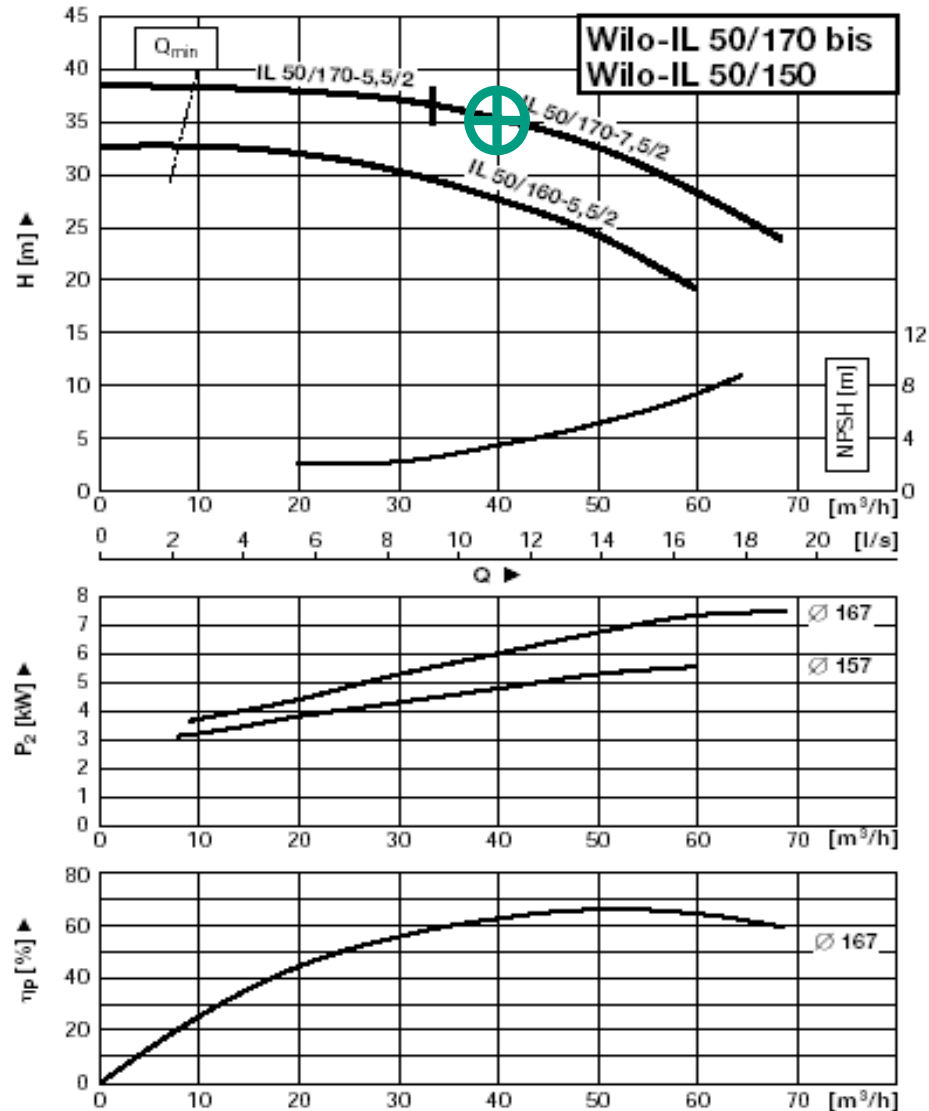


Rendimiento global

$$\eta_{total} = \eta_{hidráulico} \cdot \eta_{motor}$$



Potencia absorbida P_1



$$P_1 = \frac{\rho \times Q \times H}{367 \times \eta_H \times \eta_M}$$

ρ = Densidad en kg/dm³

Q = Caudal en m³/h

H = Altura en m.c.a.

η_H = Rendimiento hidráulico

η_M = Rendimiento del motor

Ejemplo:

ρ = 1 (agua)

Q = 40 m³/h

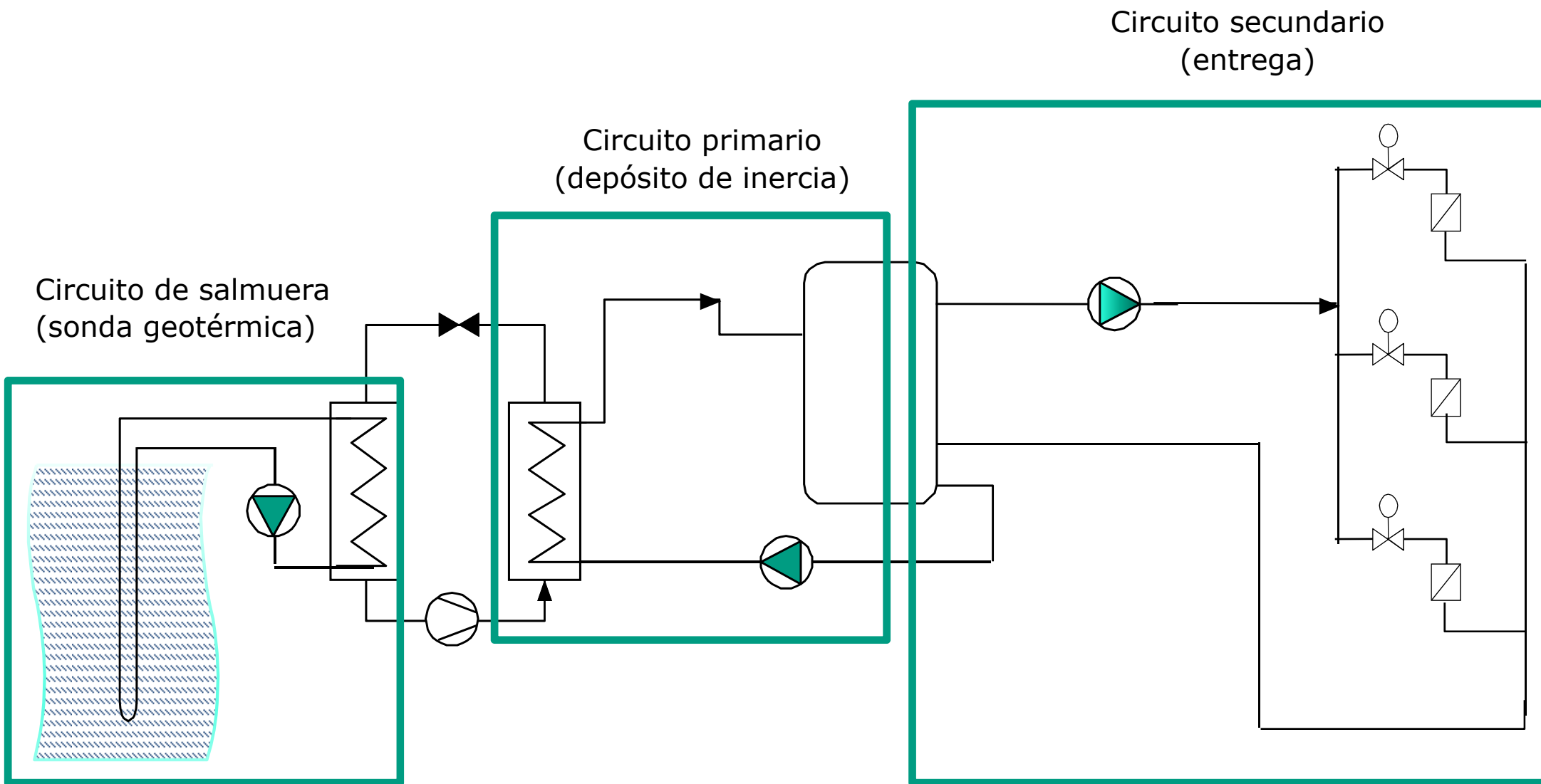
H = 35 m.c.a.

η_H = 0,62

η_M = 0,87

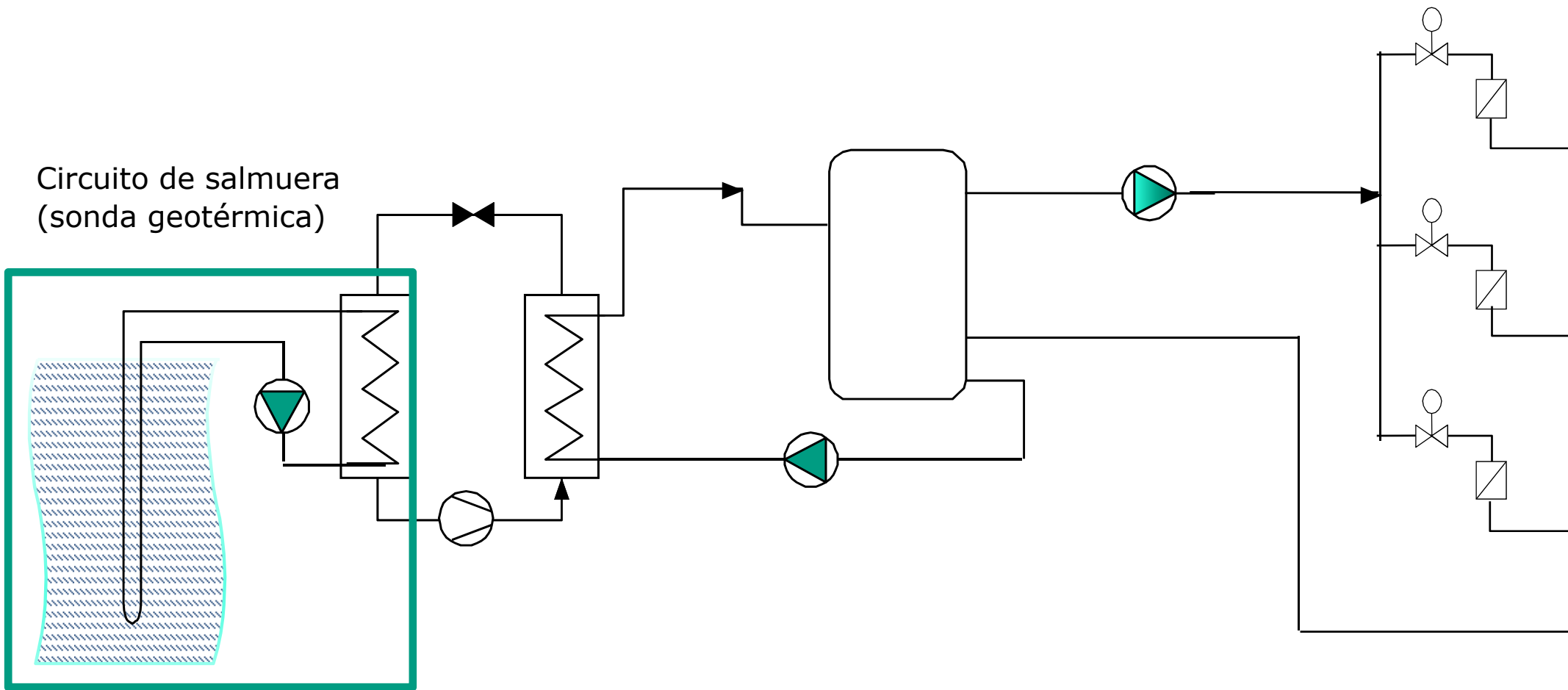
P_1 = 7,07 kW

Instalación Geotérmica – Esquema de instalación



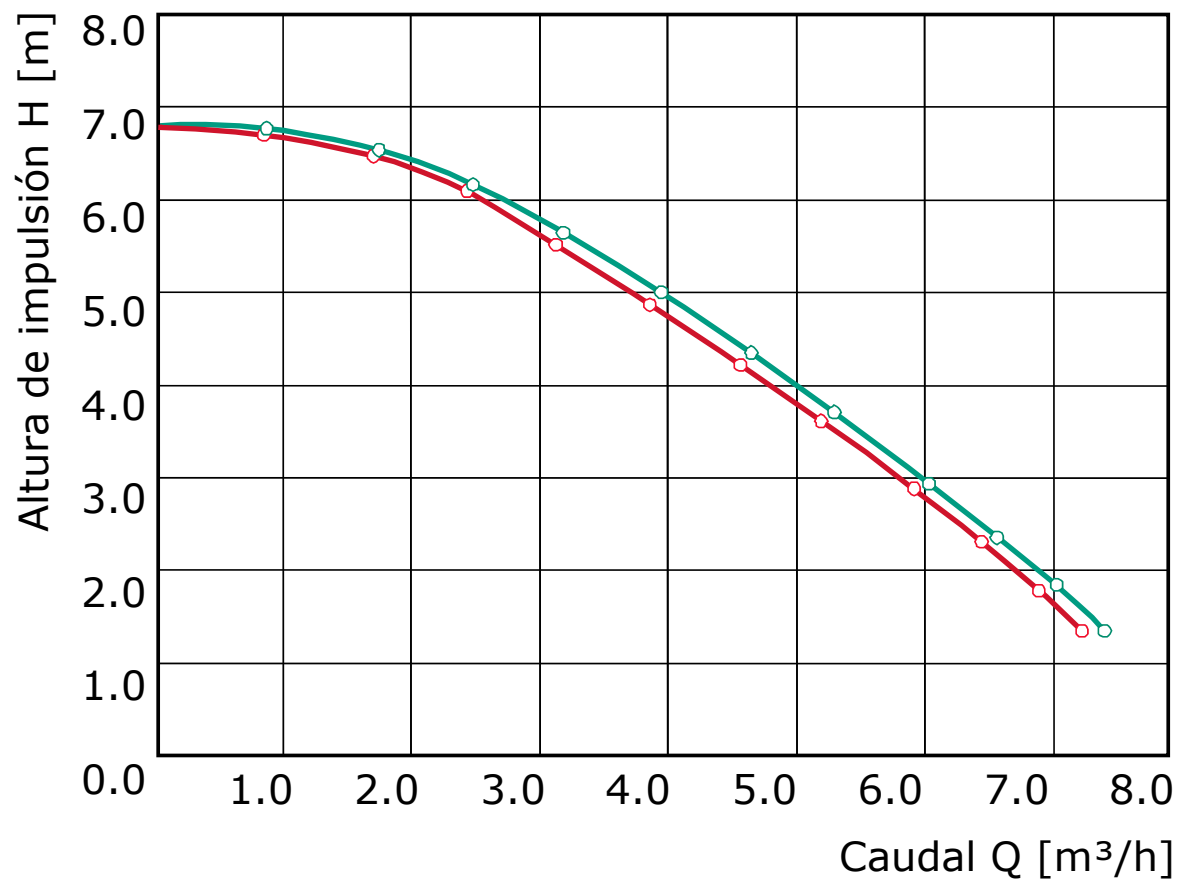
Instalación Geotérmica – Circuito de salmuera

Circuito de salmuera
(sonda geotérmica)



Instalación Geotérmica – Circuito de salmuera

Bombeo de salmuera - Impacto sobre la curva de la bomba

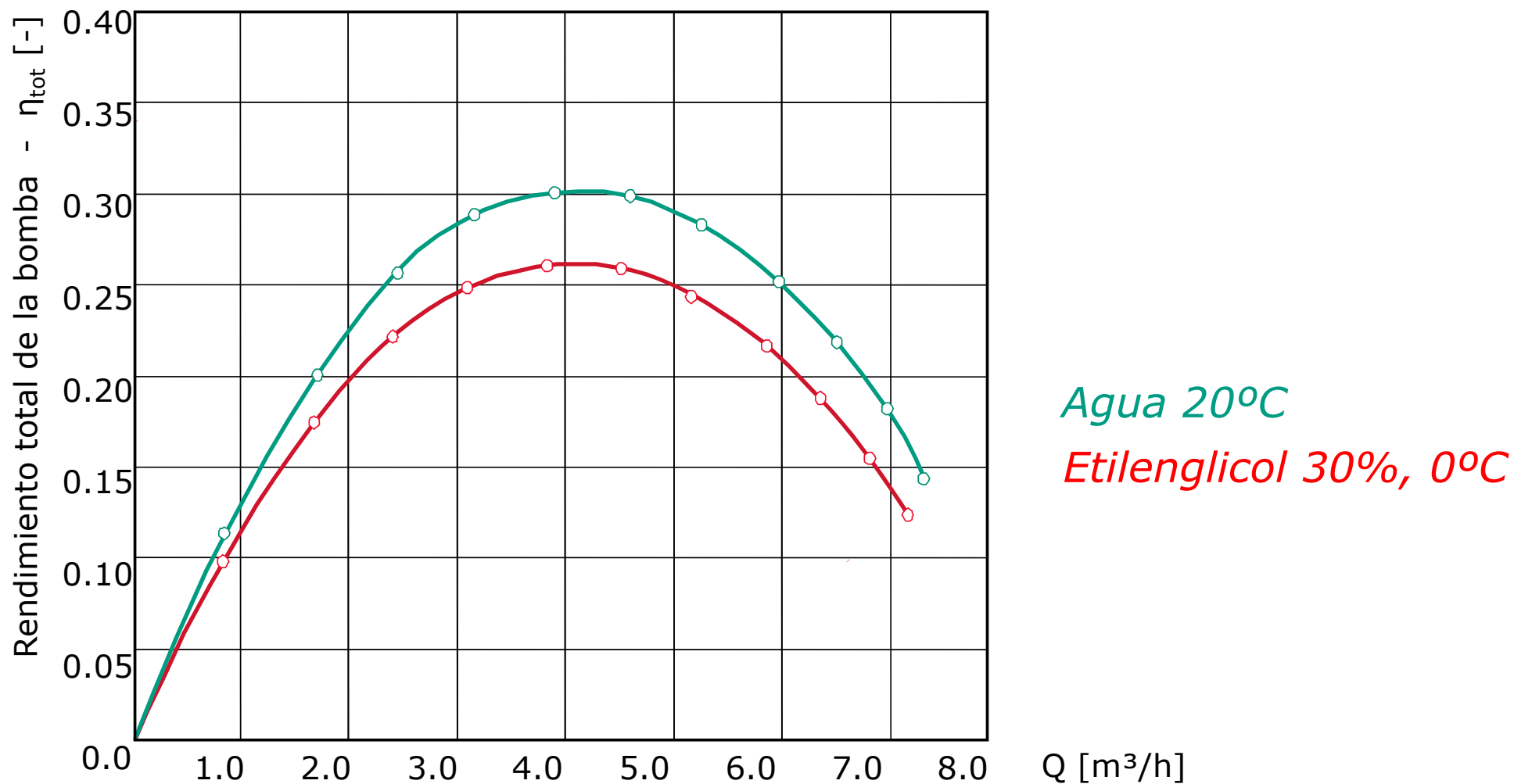


Agua 20°C

Etilenglicol 30%, 0°C

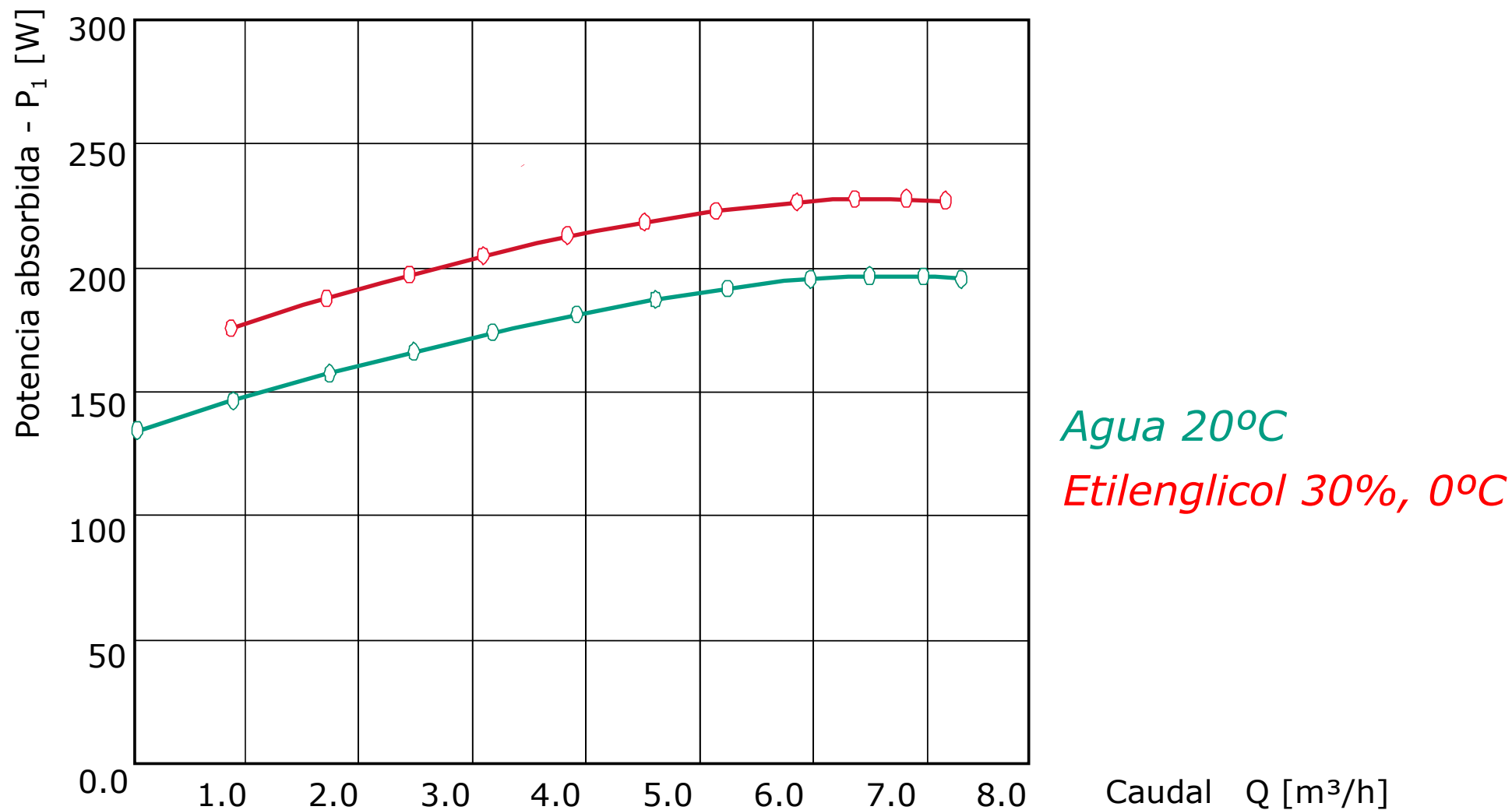
Instalación Geotérmica – Circuito de salmuera

Bombeo de salmuera - Impacto sobre la curva de rendimiento de la bomba

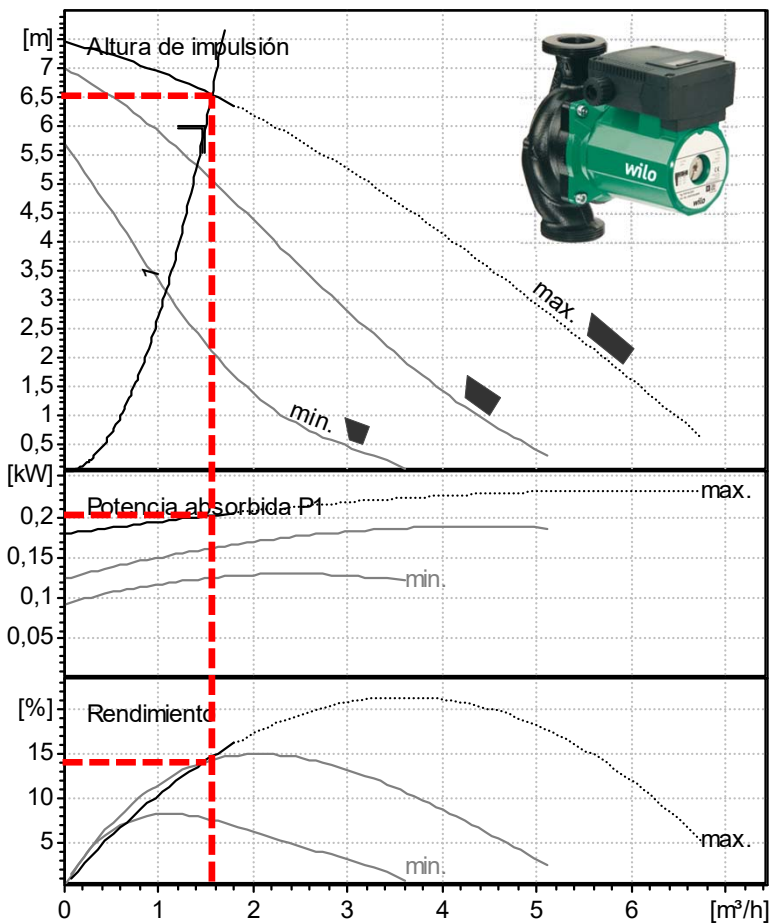


Instalación Geotérmica – Circuito de salmuera

Bombeo de salmuera - Impacto sobre la potencia absorbida de la bomba



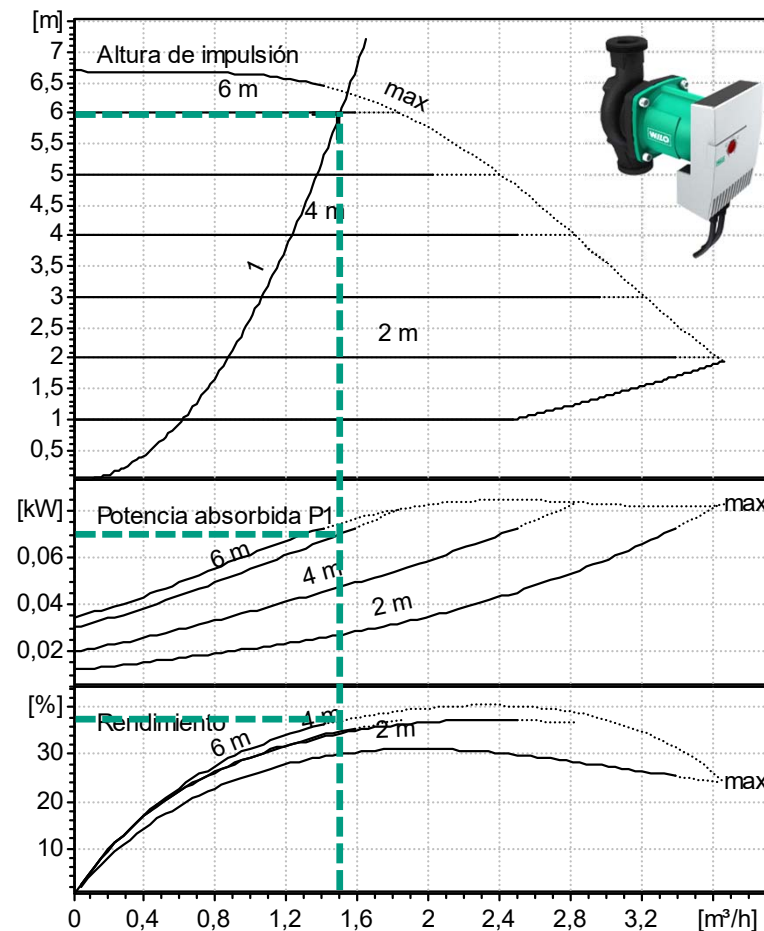
Bombas para el circuito de salmuera – sonda geotérmica



Asín-crono		Imán perma-nente
1,57	Q (m³/h)	1,5
6,56	H (m)	6,0
202	P_1 (W)	71
13,9	η (%)	38

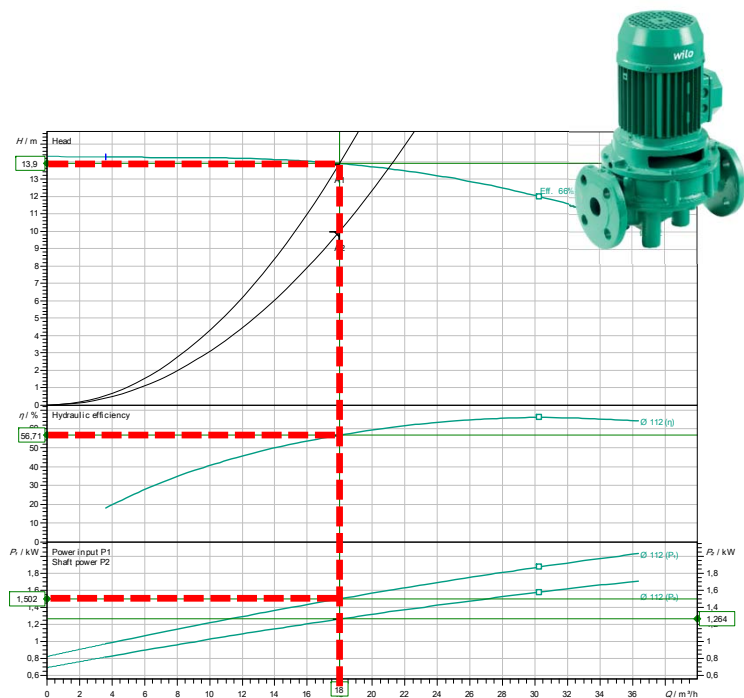
25	F_T	62
----	-------	----

F_T = Factor de Transporte



Ejemplo: Etilenglicol 30%, Temperatura = 0°C, Q = 1,5 m3/h, H = 6 m

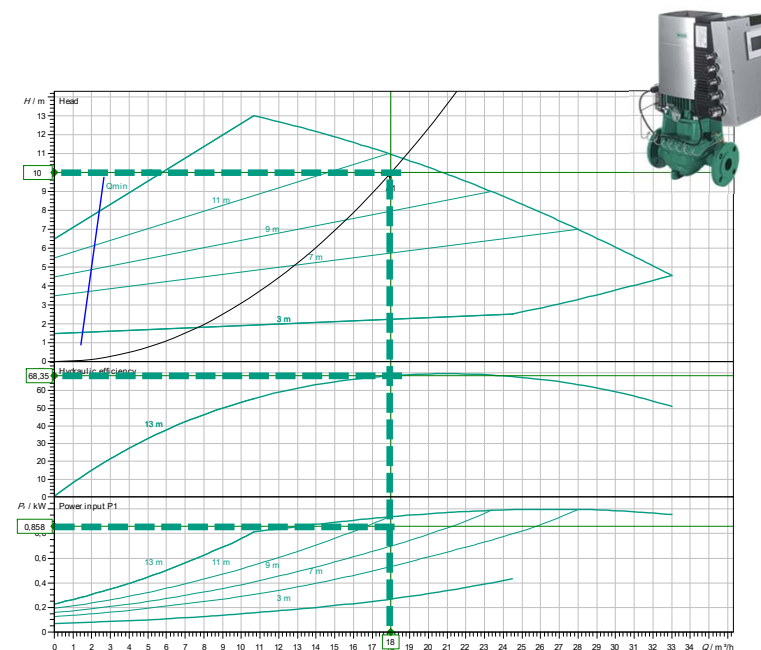
Bombas para el circuito de salmuera – sonda geotérmica



Asín-crono		Imán perma-nente
18	Q (m ³ /h)	18
13,9	H (m)	10
1,5	P_1 (kW)	0,86
48,1	η (%)	60,5

38	F_T	67
----	-------	----

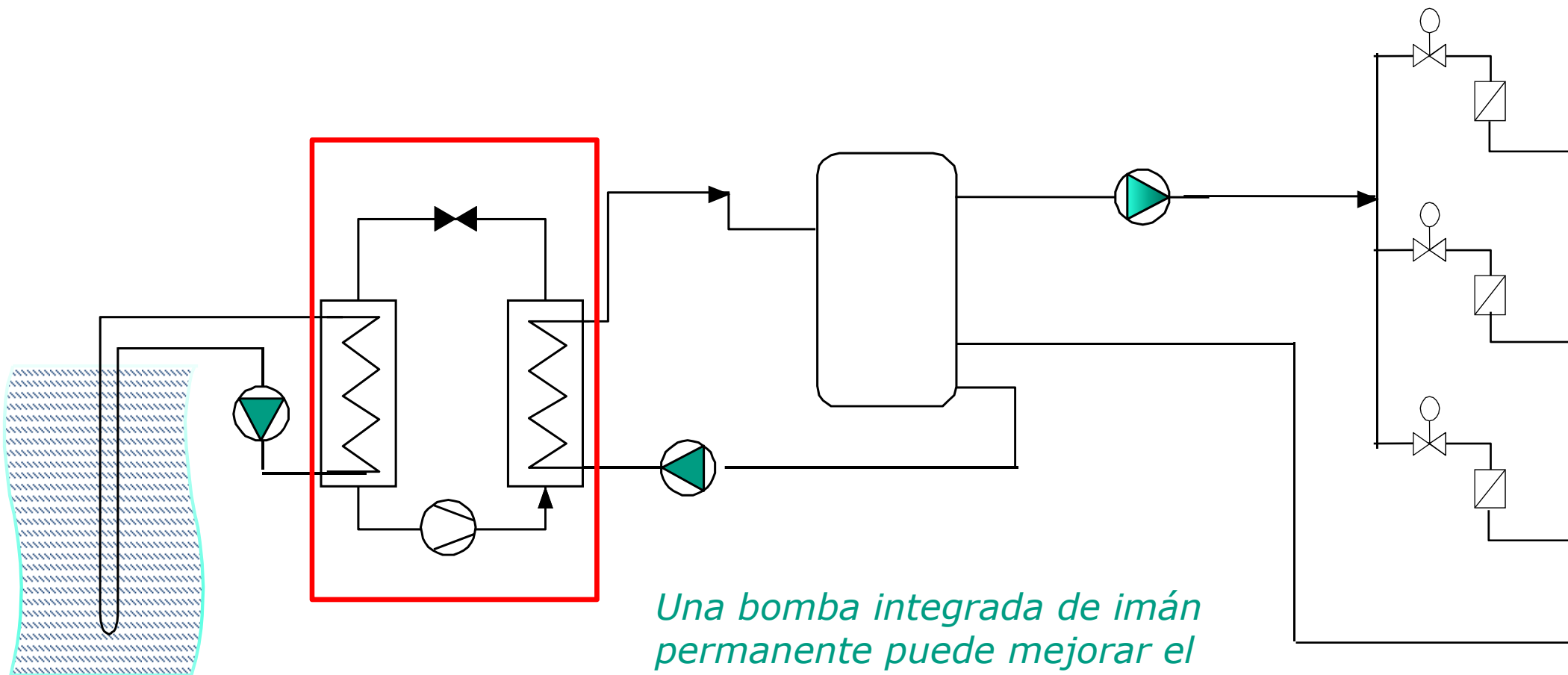
F_T = Factor de Transporte



Ejemplo: Etilenglicol 30%, Temperatura = 0°C, Q = 18 m³/h, H = 10 m

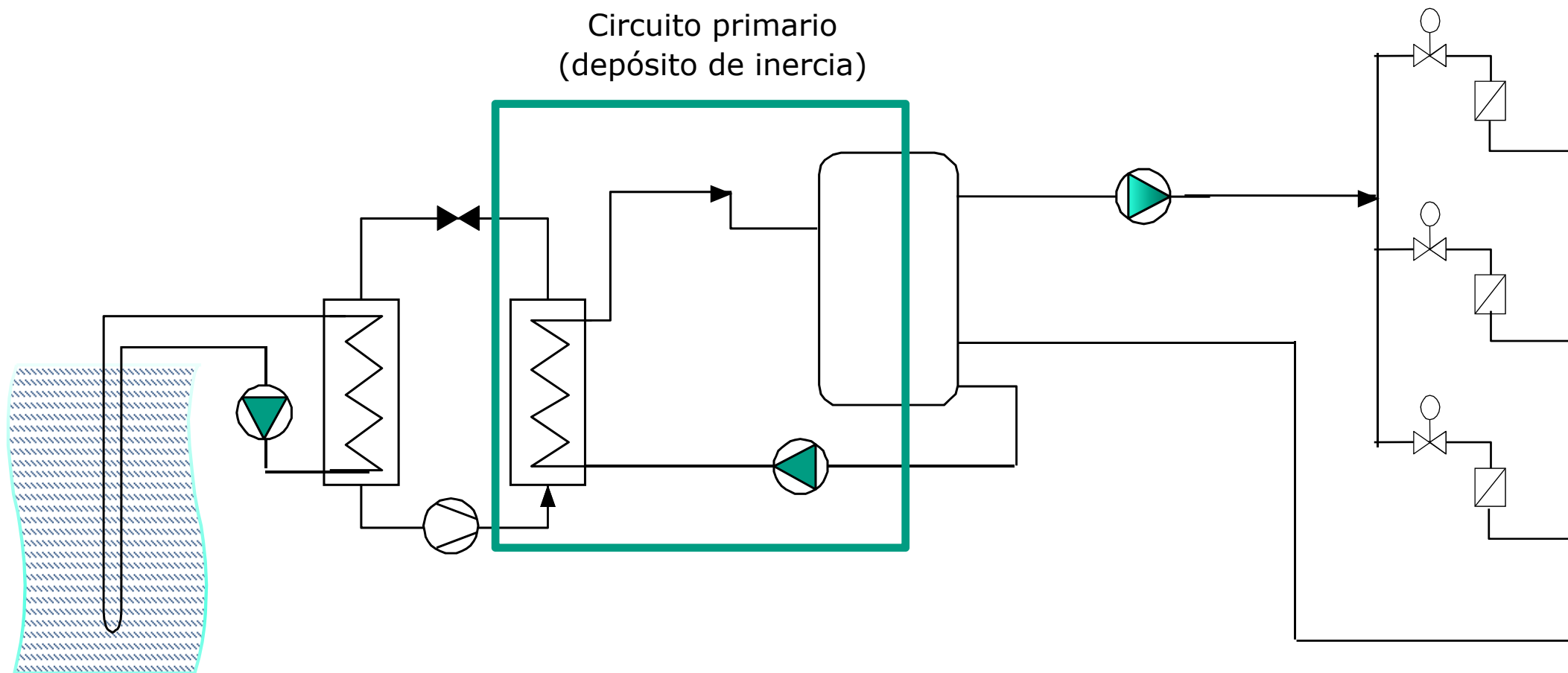
Bomba de calor Salmuera/Agua – COP

Para el cálculo del COP según la norma EN 14511 sólo entra el consumo de las bombas de salmuera y primario correspondiente a las pérdidas de carga internas de la bomba de calor !

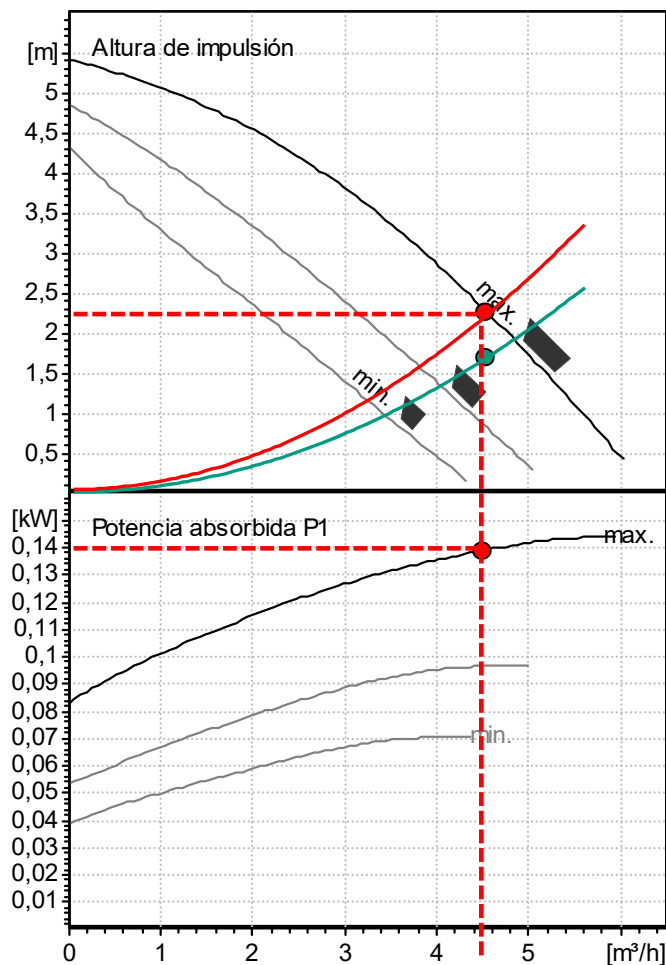


Una bomba integrada de imán permanente puede mejorar el COP de la bomba de calor

Instalación Geotérmica – Circuito primario



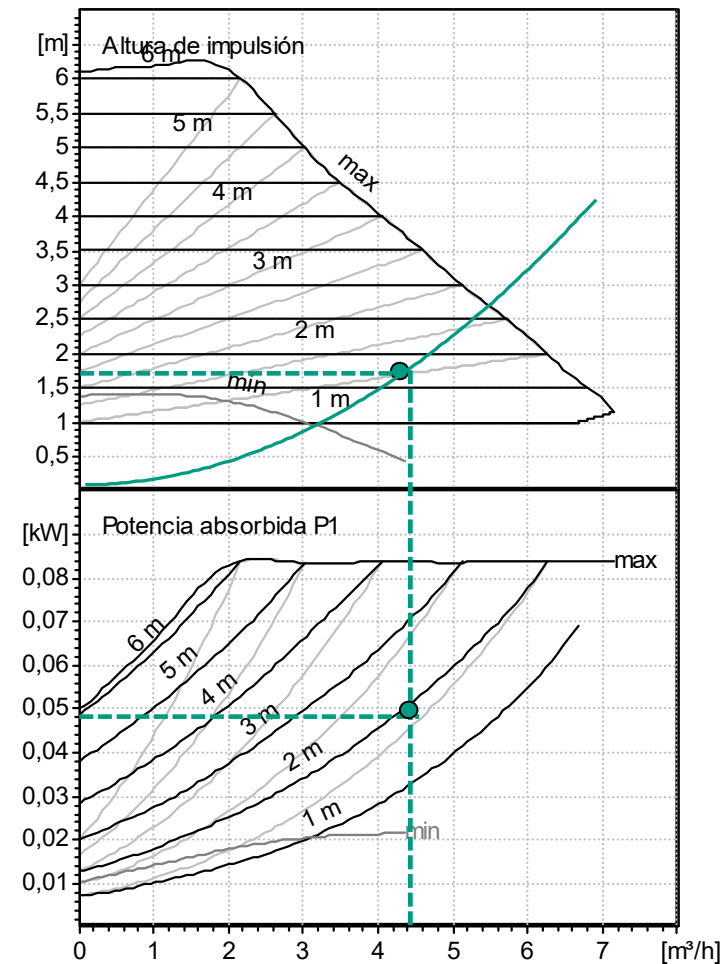
Bombas para el circuito primario



Asín-crono		Imán perma-nente
4,5	Q (m³/h)	4,5
2,33	H (m)	1,75
140	P ₁ (W)	47,4
20,4	η (%)	45,2

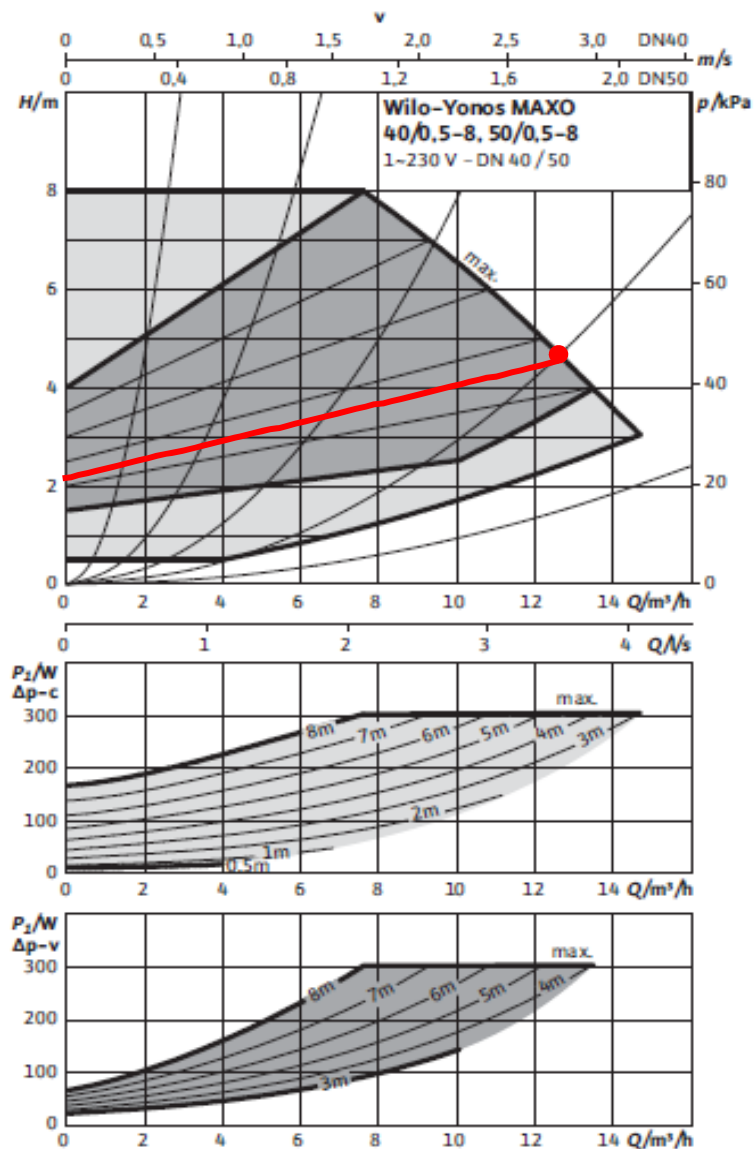
185	F_T	546
------------	----------------------	------------

F_T = Factor de Transporte

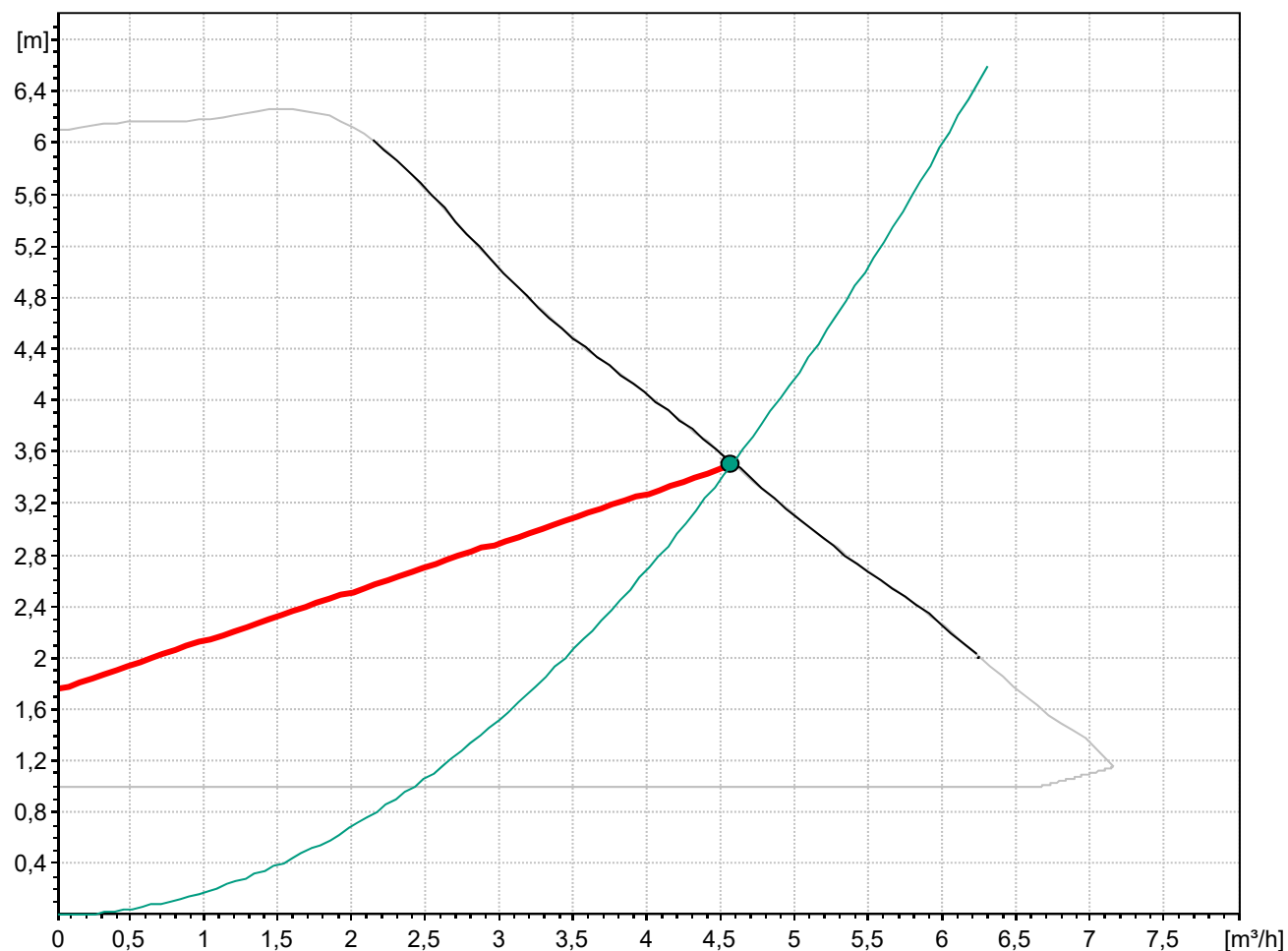


Ejemplo: Agua, Temperatura = 35°C, Q = 4,5 m³/h, H = 1,75 m

Bombas de regulación continua



Bomba con curvas de regulación discretas

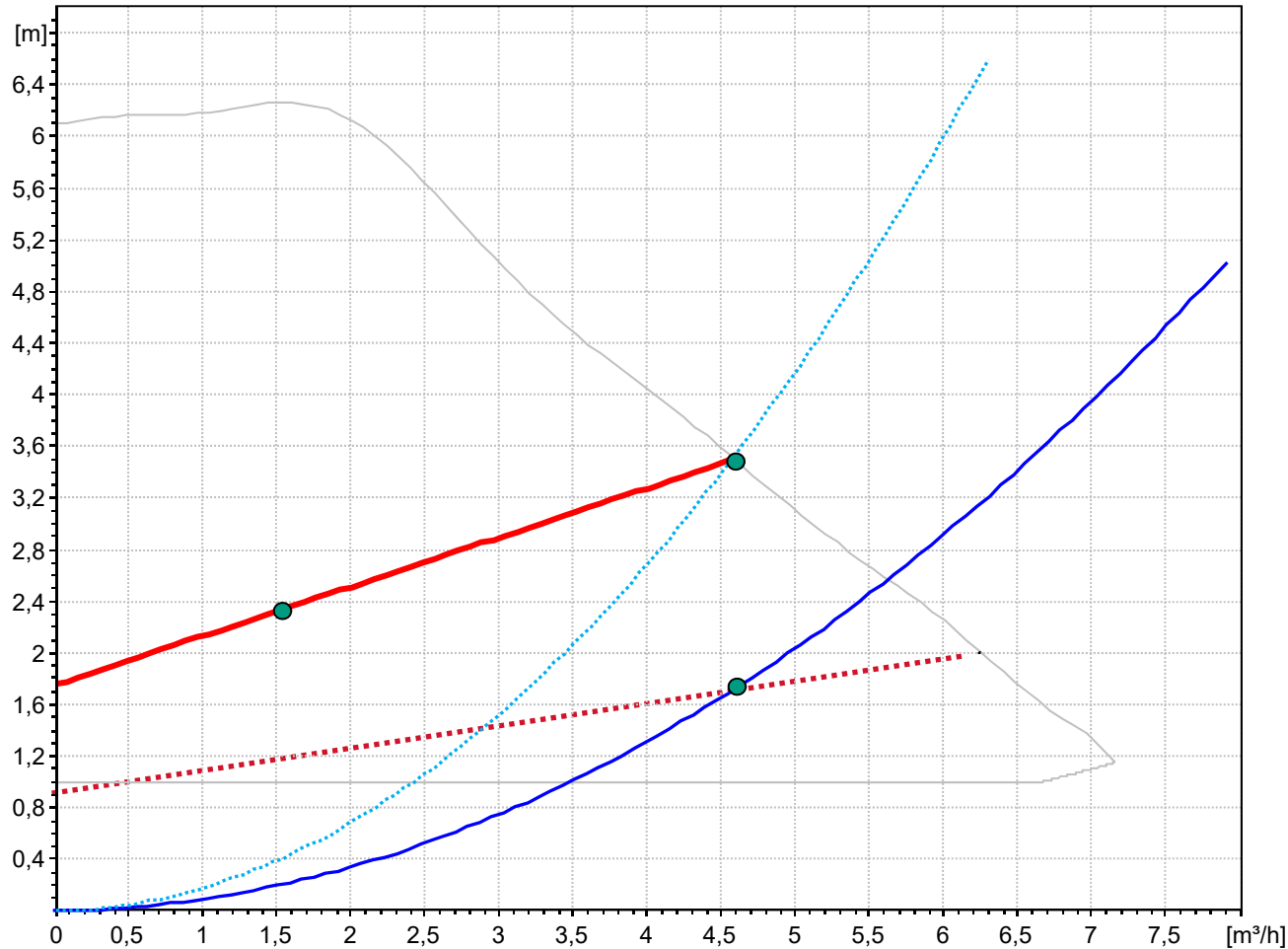


$Q = 4,6 \text{ m}^3/\text{h} - H = 3,5 \text{ m}$

Altura real: 3,5 m

$P_1 = 83,2 \text{ W}$

Bomba con curvas de regulación discretas



$Q = 4,6 \text{ m}^3/\text{h} - H = 1,75 \text{ m}$

Altura real: 3,5 m

— $P_{\text{avg}} = 83,2 \text{ W}$

⋯ $P_{\text{avg}} = 47,4 \text{ W}$

Exceso de consumo del 73% por falta de campo de regulación continua

Bombas de velocidad variable – recirculación de agua caliente sanitaria

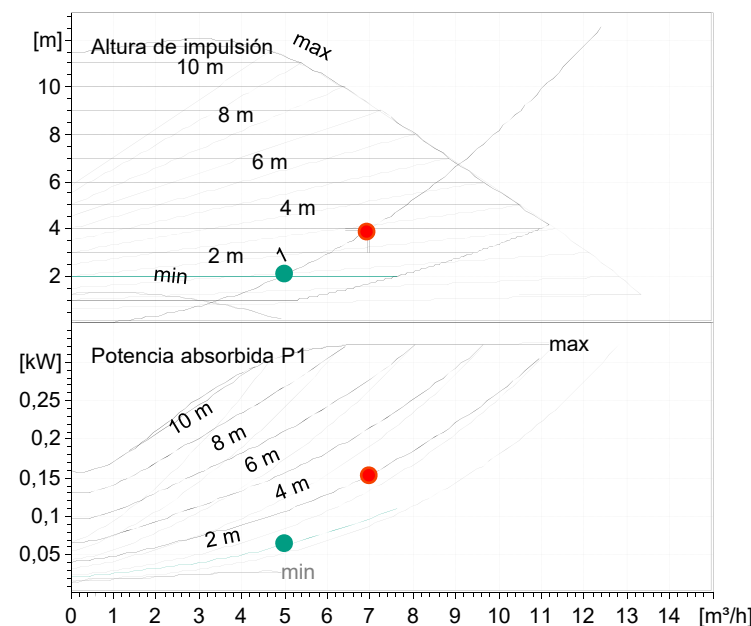
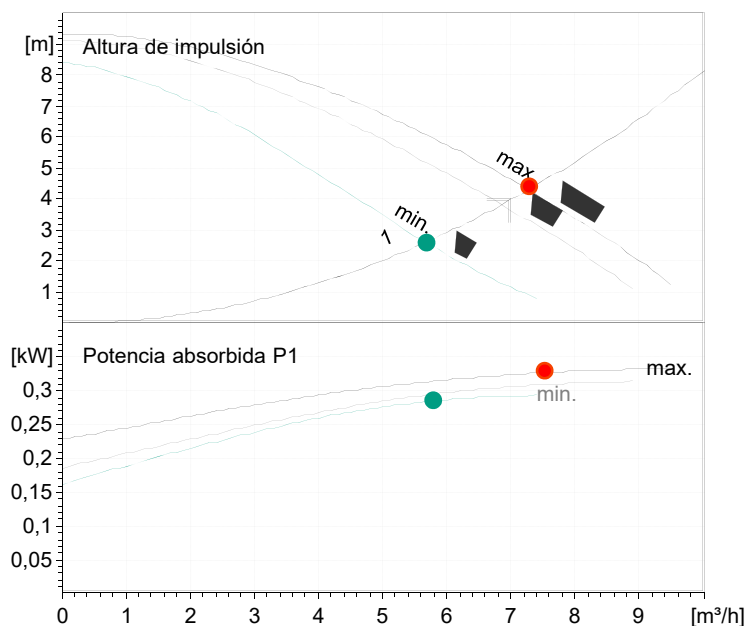
Corrección del punto de trabajo en la puesta en marcha mediante ajuste de la velocidad, de 7 m³/h/4m.c.a. a 5 m³/h/2 m.c.a.



PVP: 1349€

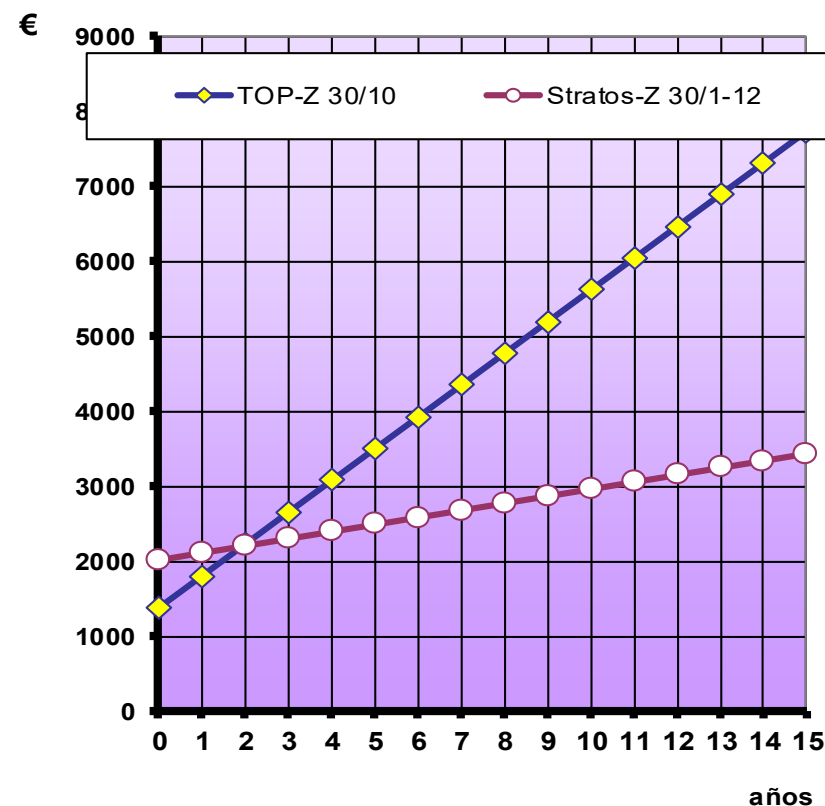
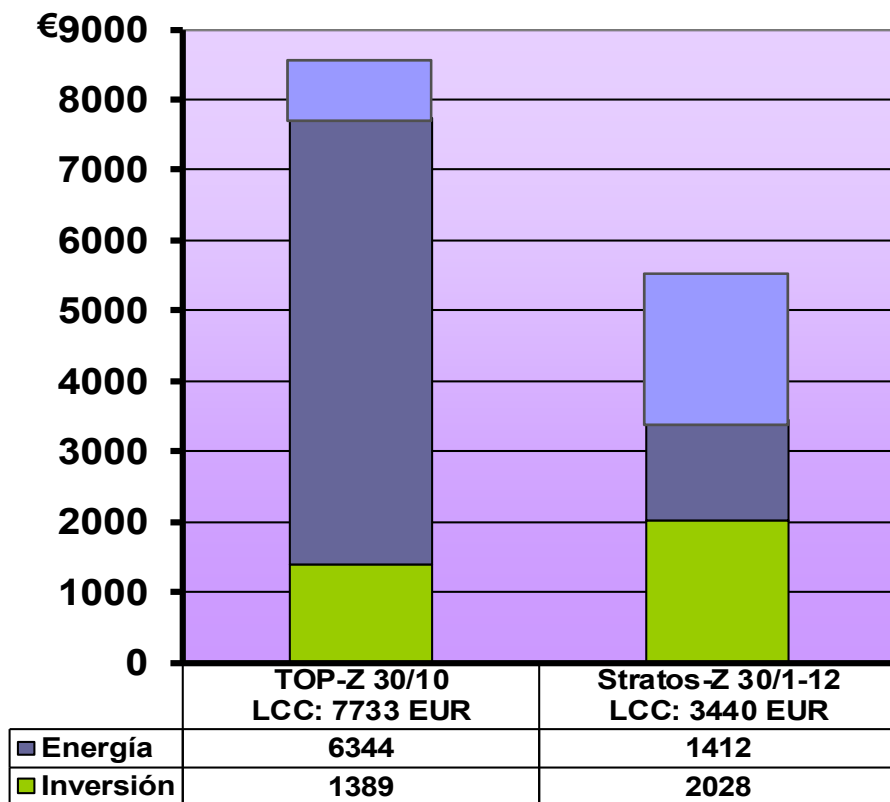


PVP: 1969€



Ejemplo: Q = 5 m³/h H = 2 m.c.a. 8760 h/a 0,17 €/kWh

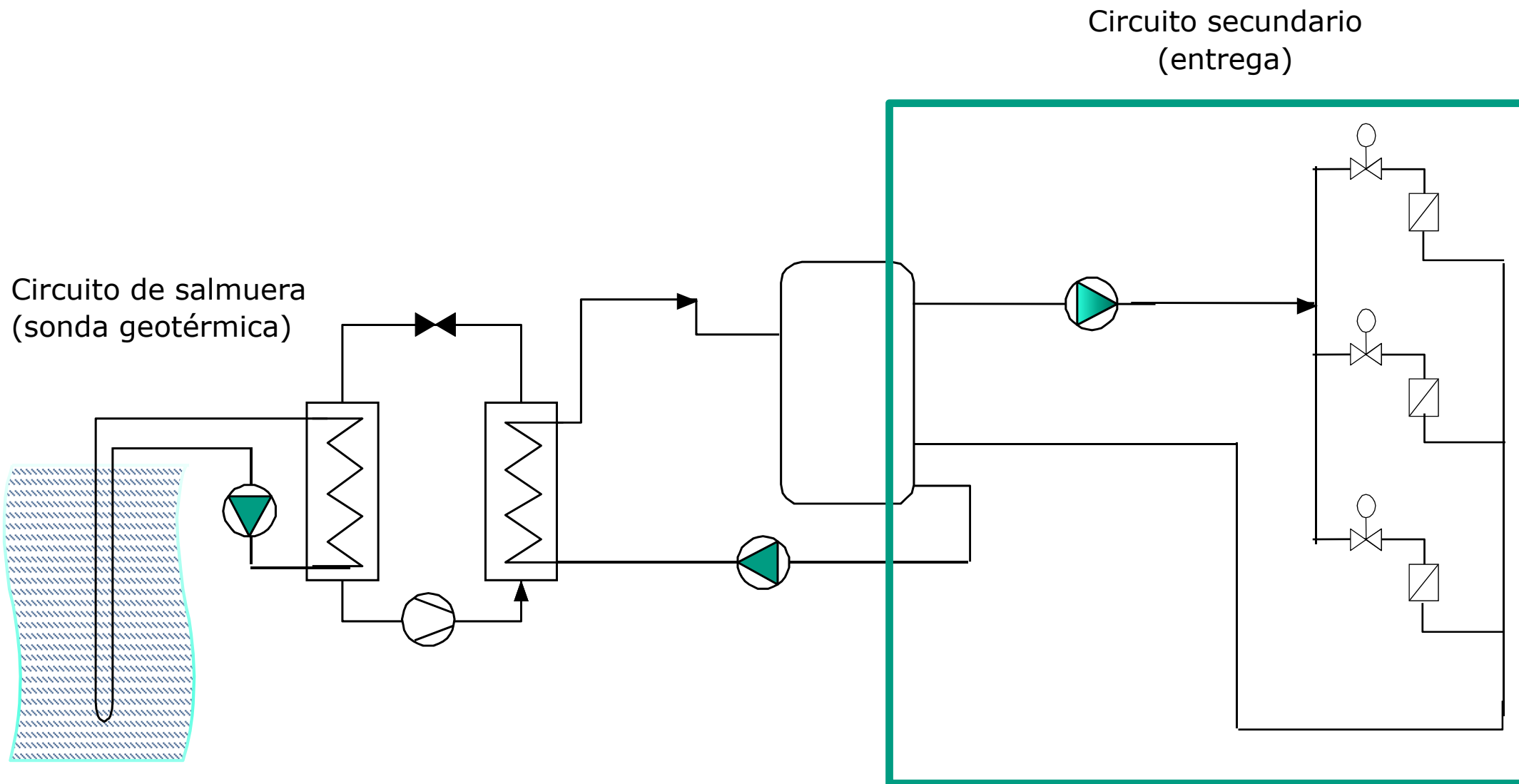
Coste del ciclo de vida



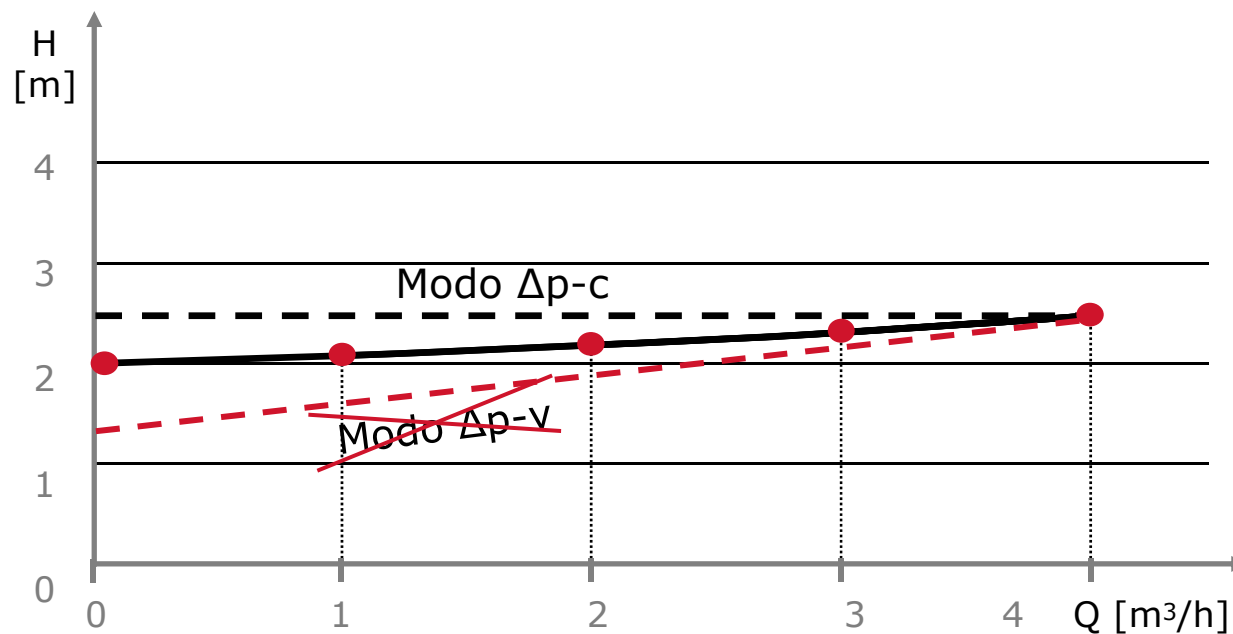
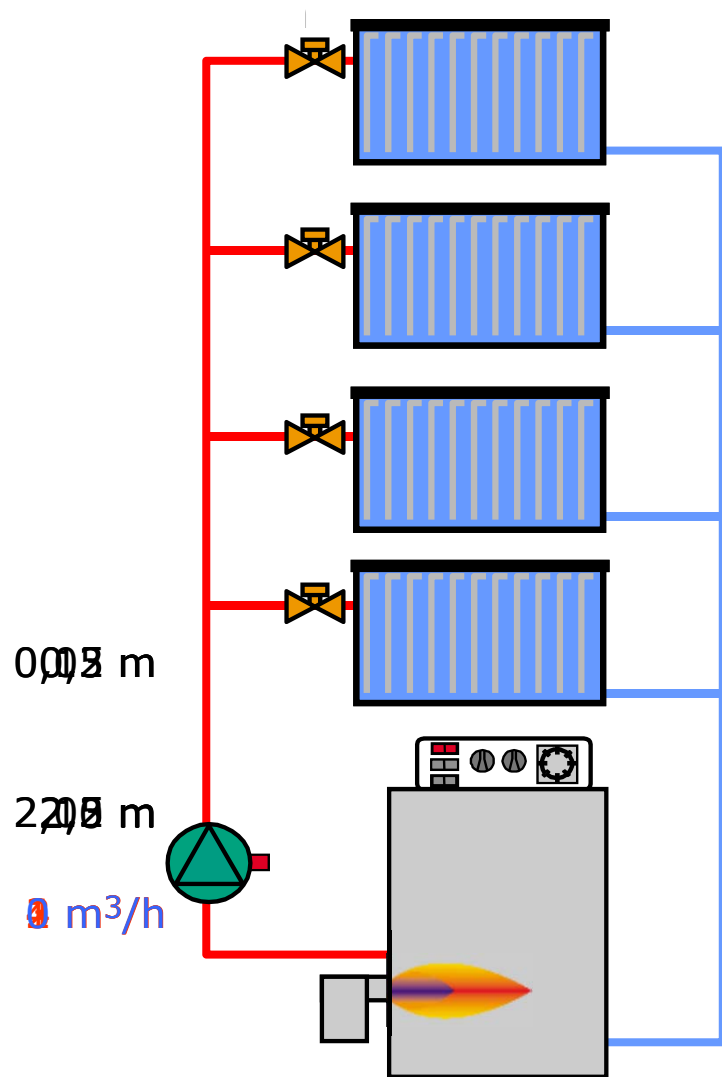
Plazo de amortización: < 2 años

Ejemplo: Q = 5 m³/h H = 2 m.c.a. 8760 h/a 0,17 €/kWh

Instalación Geotérmica – Circuito secundario

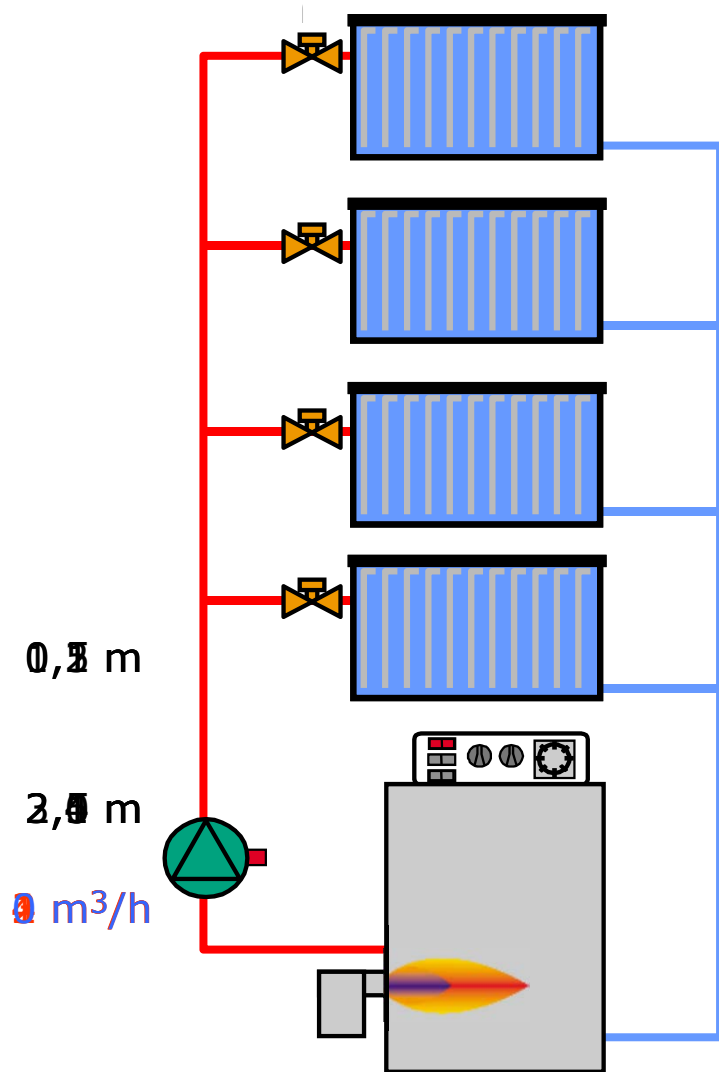


Ejemplo Δp -c

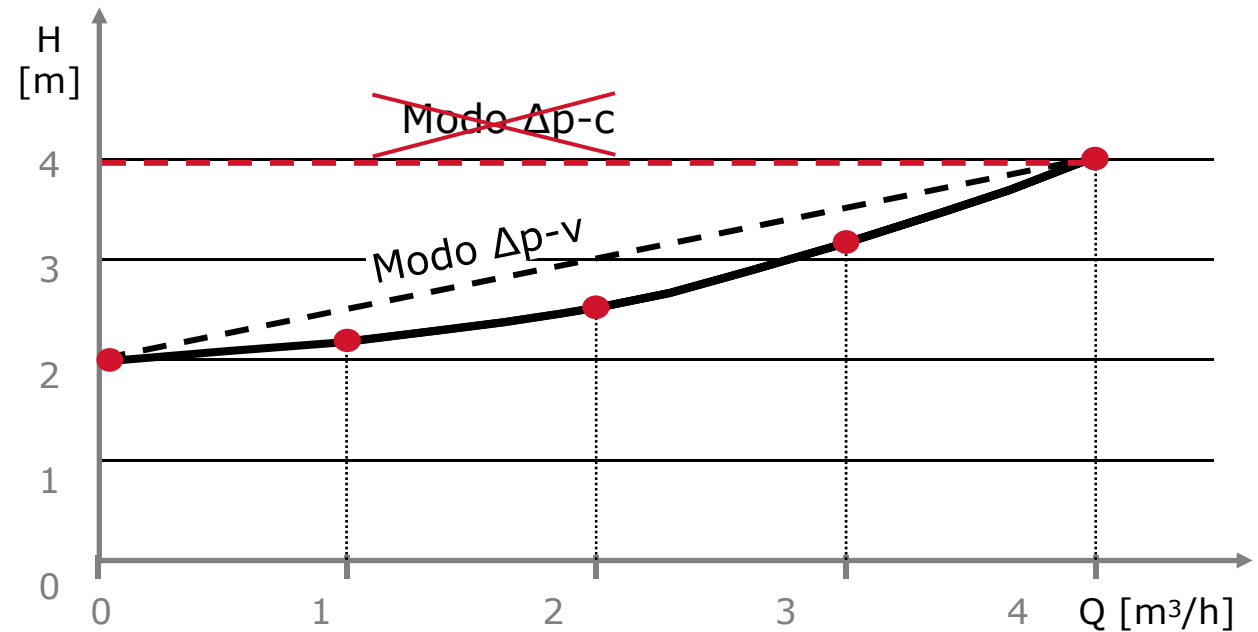


- elevada autoridad de las válvulas de control
- bajas pérdidas de carga en generadores y tuberías de distribución
- sistemas de suelo radiante con válvulas de zona
- sistemas bitubo con distribución vertical por montantes

Ejemplo $\Delta p-v$

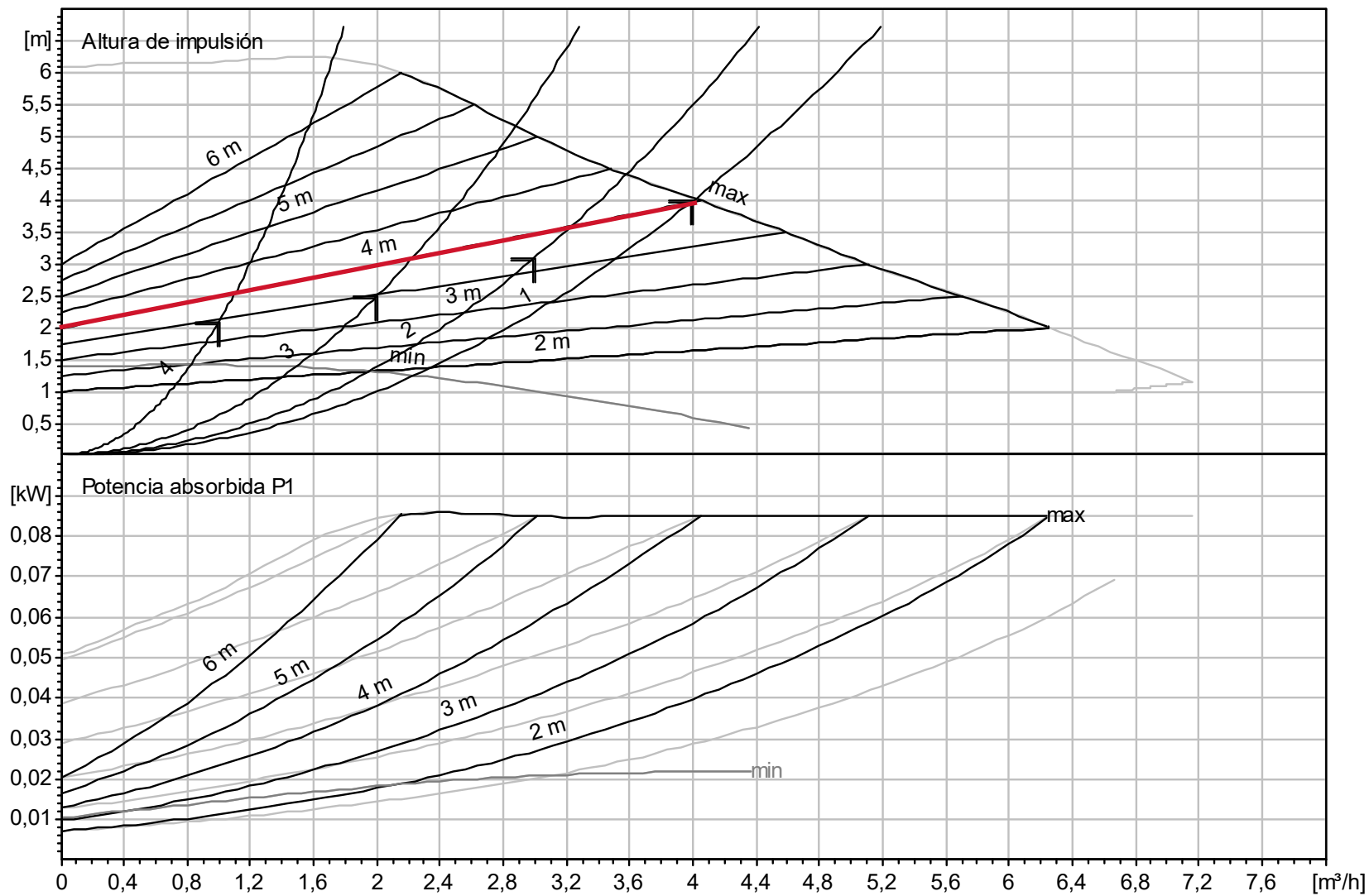


Requisito imprescindible: Equilibrado hidráulico

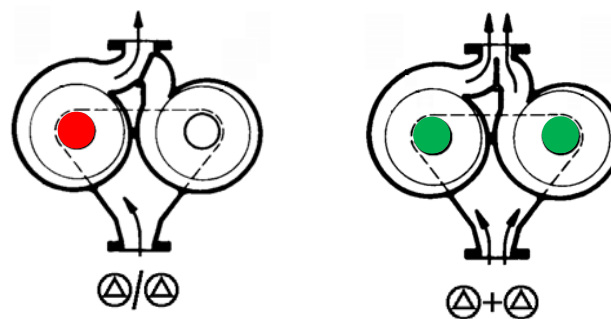


- baja autoridad de las válvulas de control
- elevadas pérdidas de carga en generadores y tuberías de distribución
- sistemas con largos recorridos de la tubería de distribución
- sistemas bitubo con distribución horizontal por vivienda

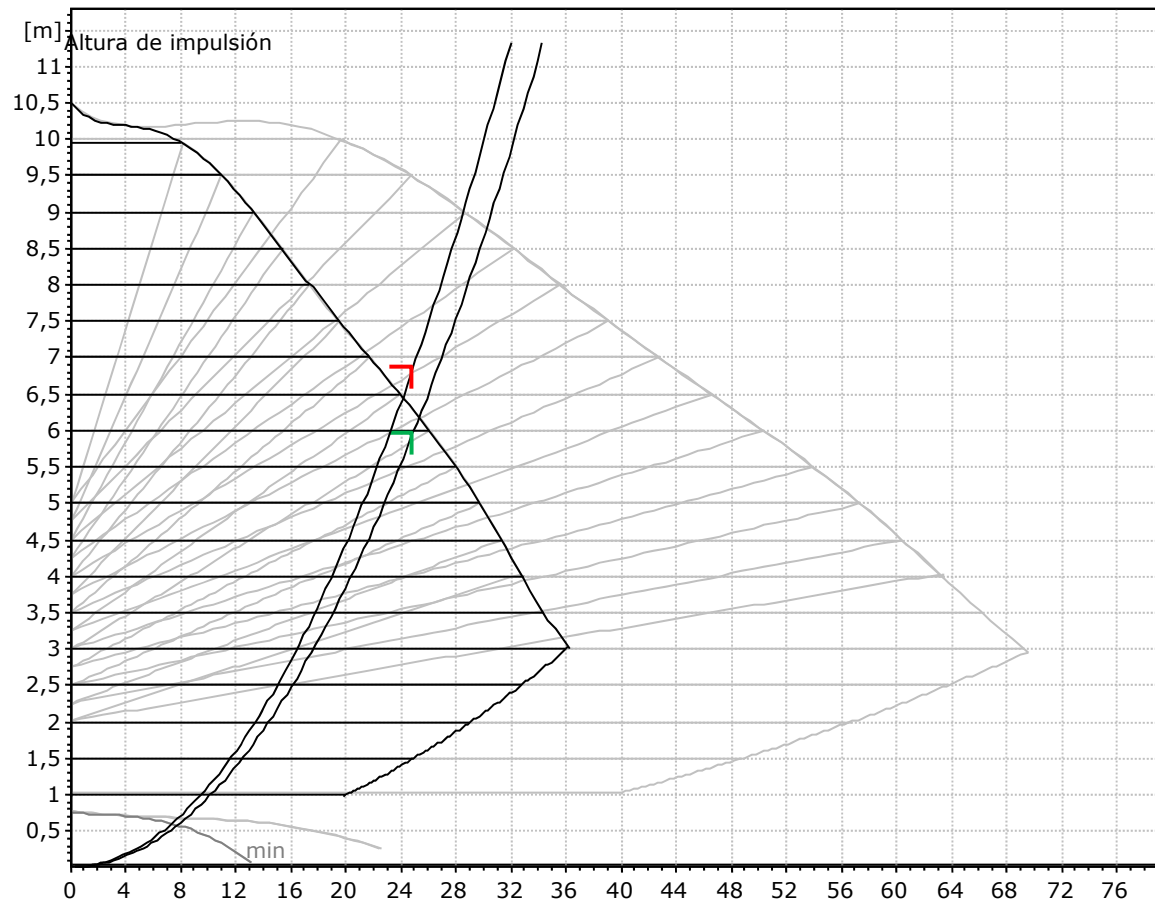
Ejemplo Δp -v para una Stratos 25/1-6



Selección de bombas dobles con opción de funcionamiento de carga punta, para evitar bombas sobredimensionadas



Sobredimensionamiento de bombas por margen de seguridad



$Q_{\text{diseño}} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$
 $H_{\text{diseño}} = 6,0 \text{ m.c.a.}$

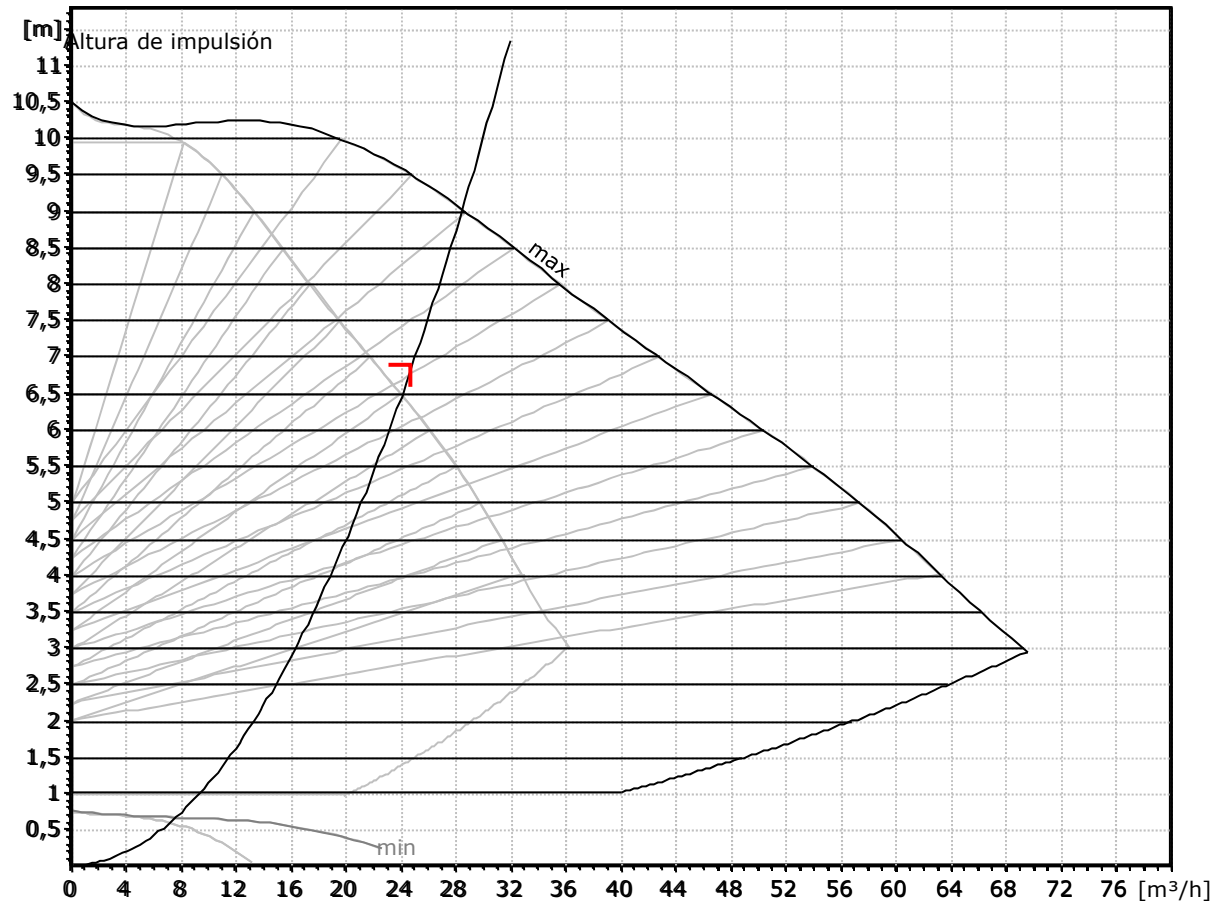
Al aplicar un margen de "seguridad" del **15%**:

$H_{\text{diseño } 115\%} = 6,9 \text{ m.c.a.}$

$Q_{\text{bomba}} = 24,2 \text{ m}^3/\text{h}$:
 Desviación teórica **-3,2%**

¡ La bomba suele quedar descartada!

Bomba doble con funcionamiento de carga punta



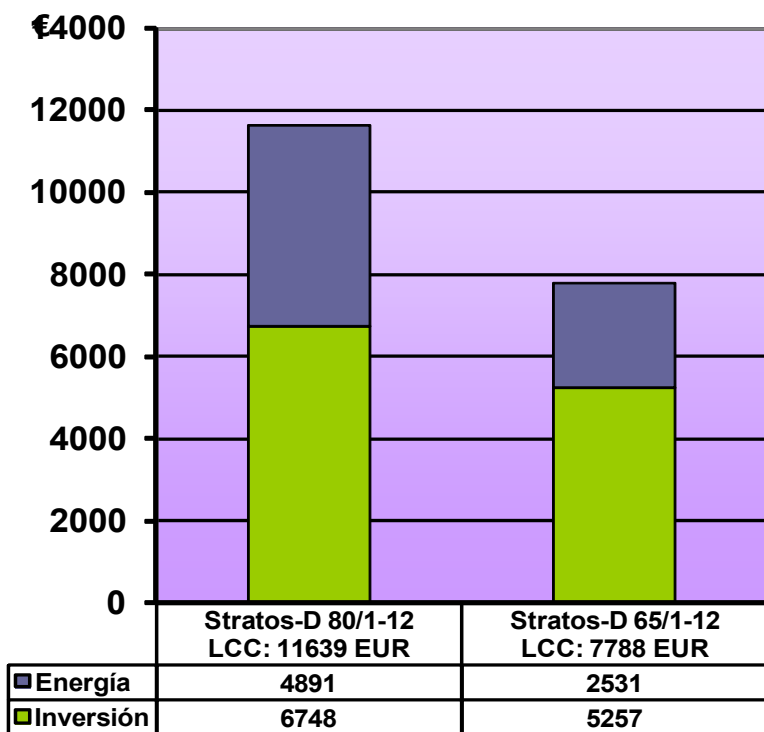
En una bomba doble con opción de carga punta, el punto teórico con el margen de seguridad del 15% se puede cubrir con el funcionamiento paralelo de los dos cabezales.

Si el margen de seguridad era innecesario, el punto de diseño original quedaría cubierto por un único cabezal

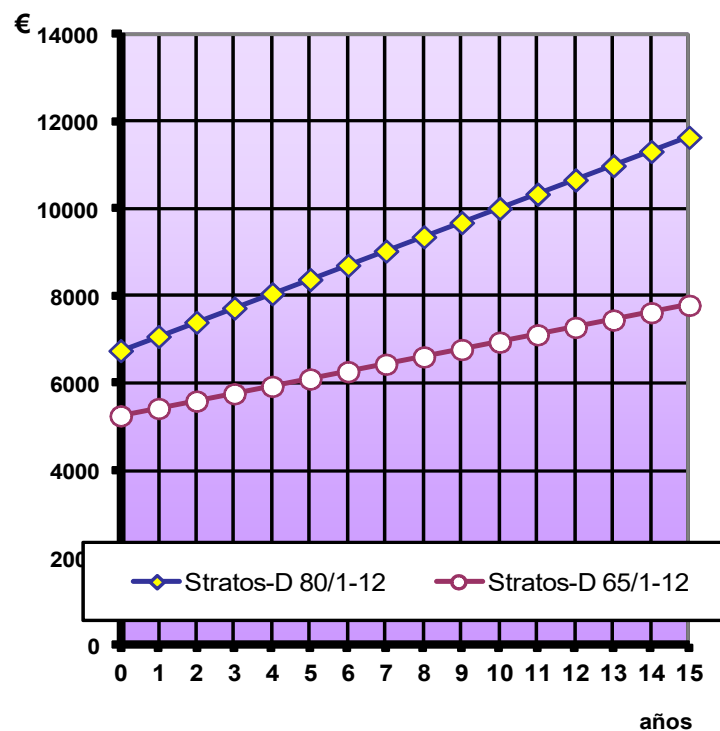
¡Se evitan bombas sobredimensionadas!

Bomba doble con funcionamiento de carga punta

Coste del ciclo de vida

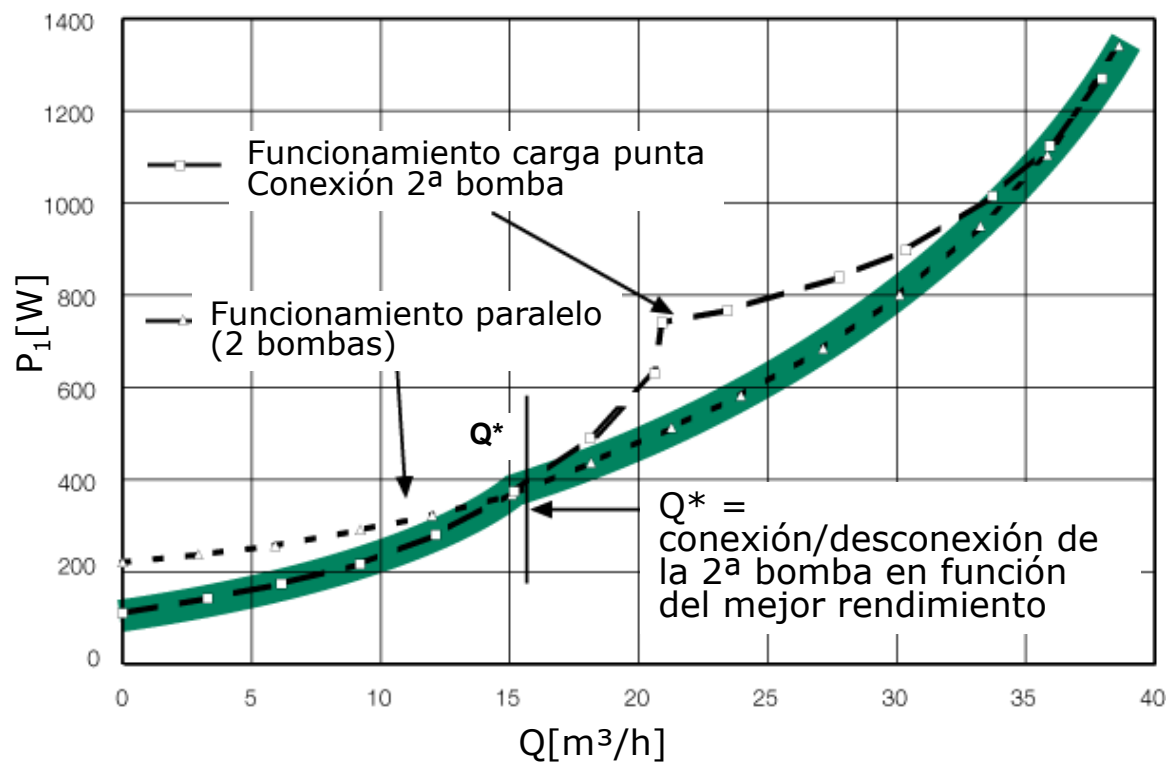


Coste acumulado



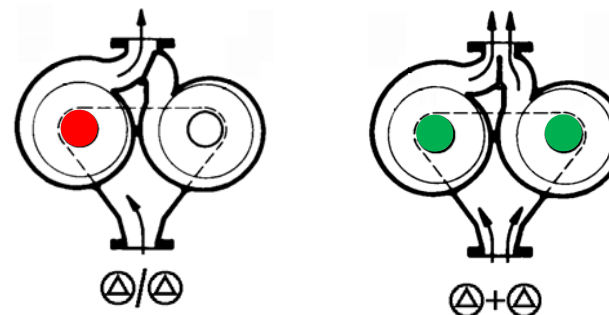
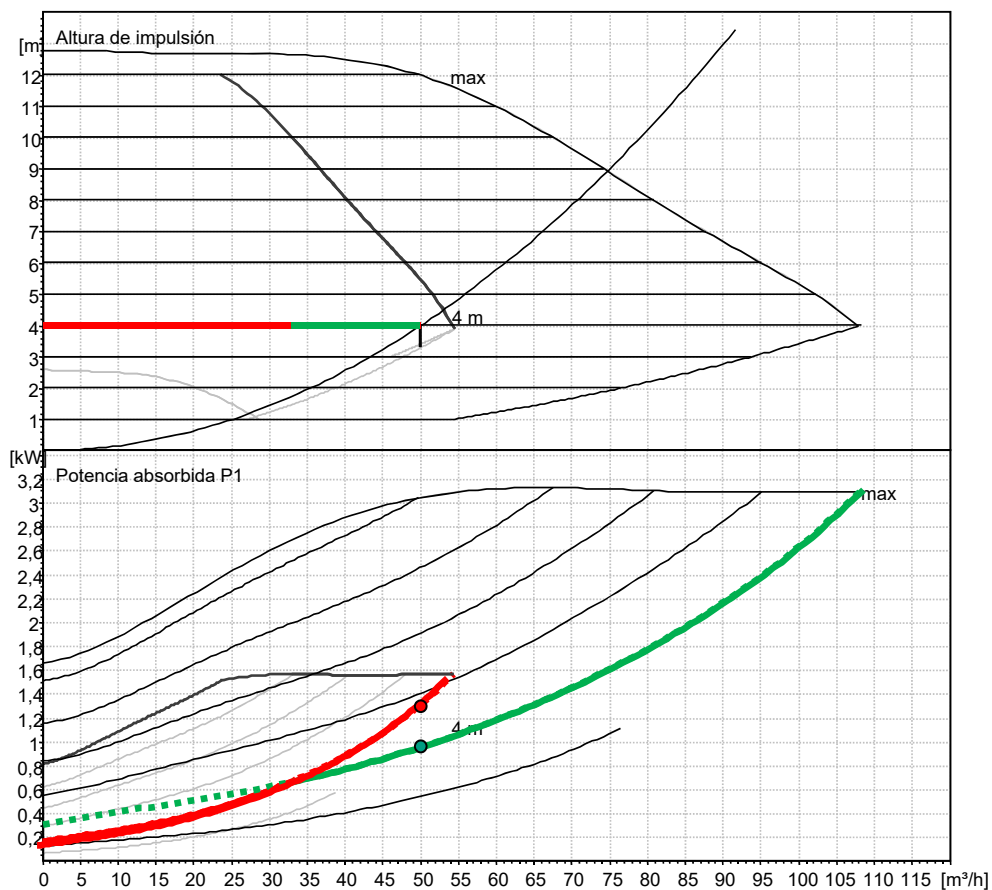
Ejemplo: Q = 25 m³/h H = 7,2 m.c.a. 4000 h/a 0,18 €/kWh

Optimización del funcionamiento paralelo



Seguridad
 +
 Rendimiento

Optimización del funcionamiento paralelo de la función de carga punta

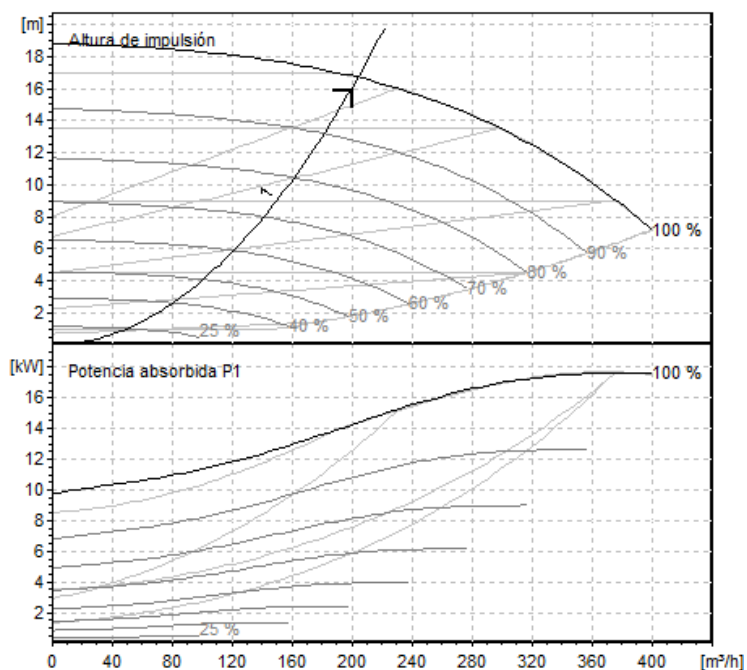


$$P_1 \triangle/\triangle = 1,31 \text{ kW}$$

$$P_1 \triangle+\triangle = 0,96 \text{ kW}$$

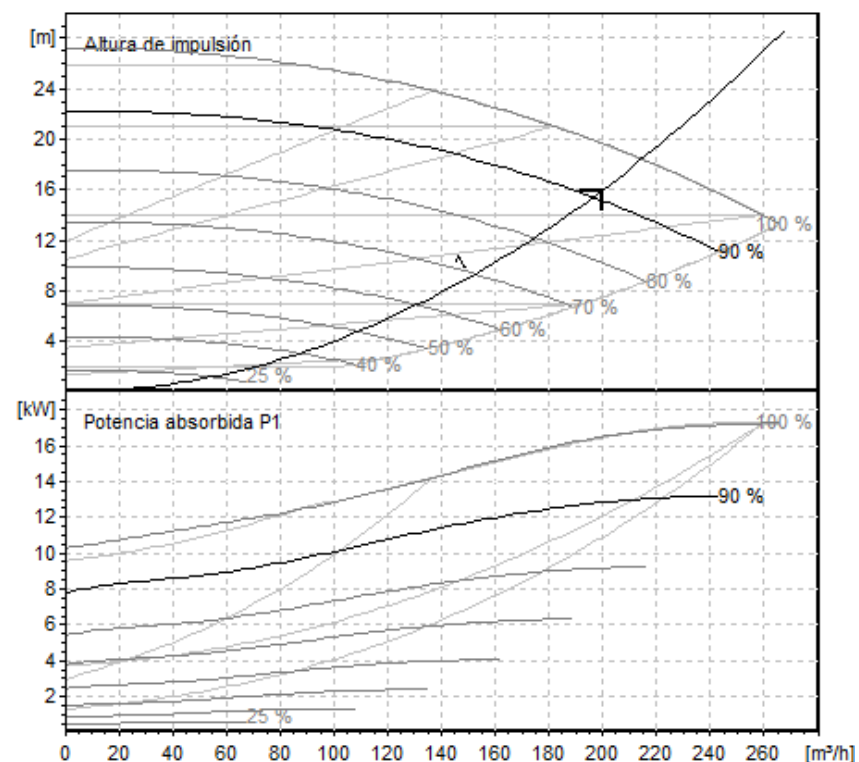
Ahorro adicional con el modo
carga base/carga punta al
caudal máximo: **26,7%**

Proyectos de caudal variable



IL-E 150/250-15/4, 4 polos
P1=13,5 kW

Caudal [%]	Tiempo [%]
100	6
75	15
50	35
25	44

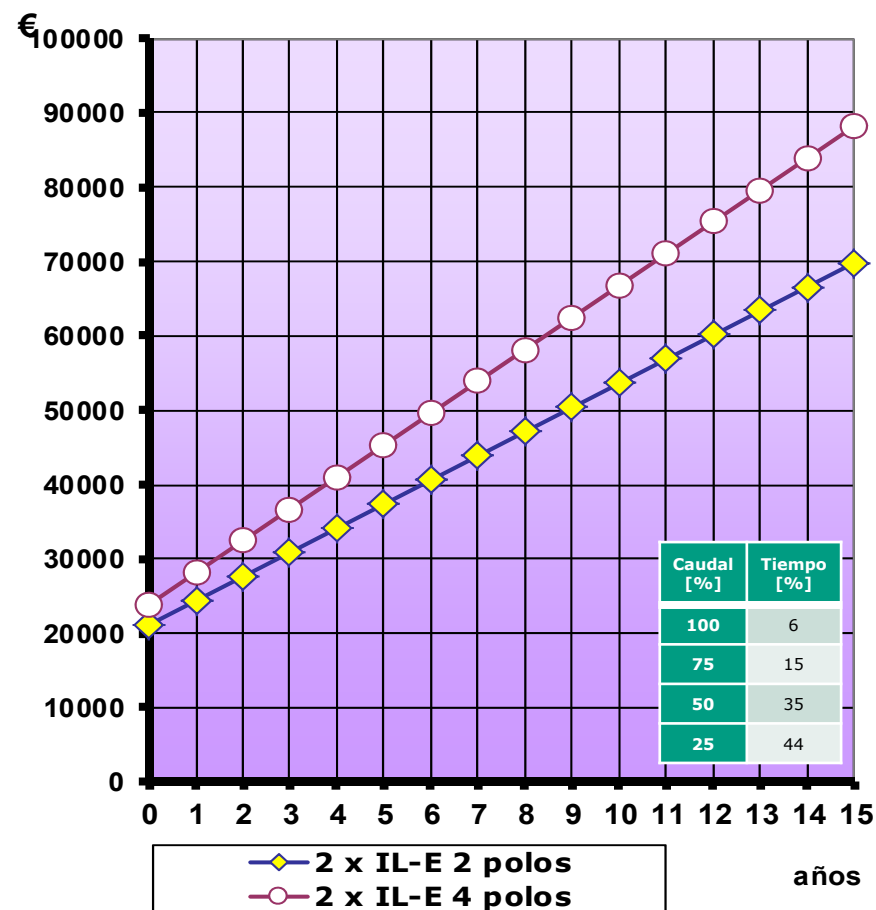
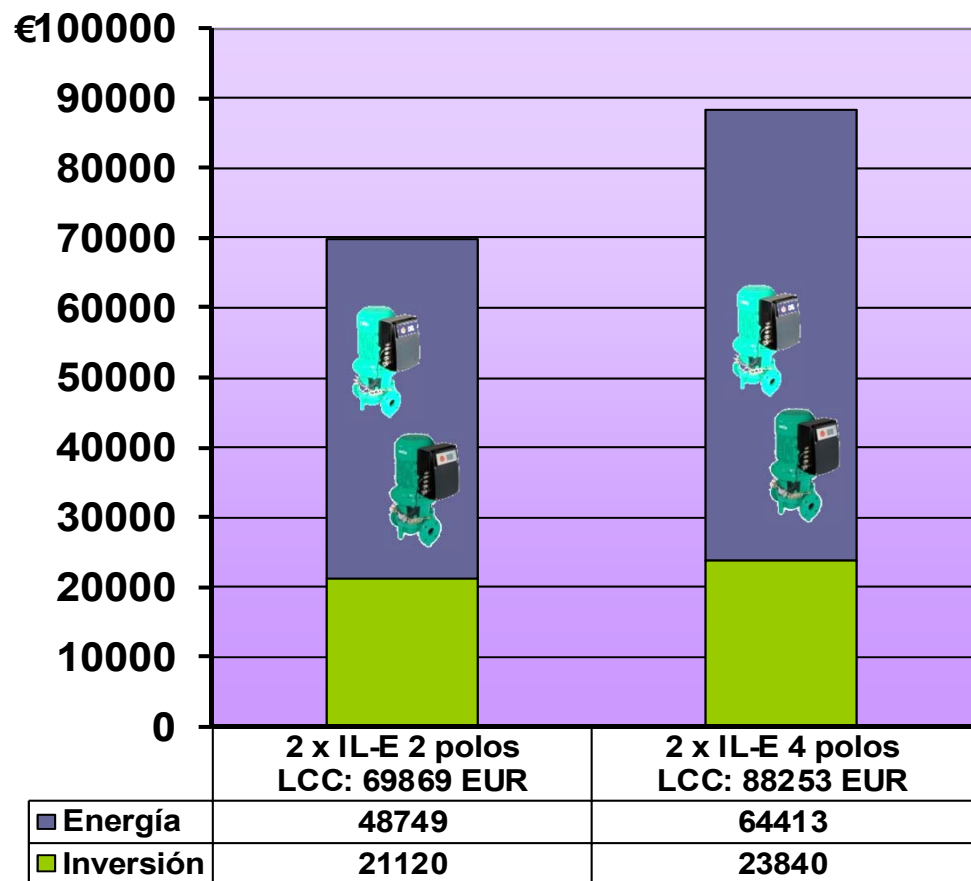


IL-E 100/150-15/2, 2 polos
P1=13,6 kW

Memoria de proyecto:

“Bomba electrónica (una de funcionamiento + una de reserva) con variador de frecuencia integrado, para un caudal Q de 200 m³/h y una altura de impulsión H de 16 m.c.a., de 1450 rpm”

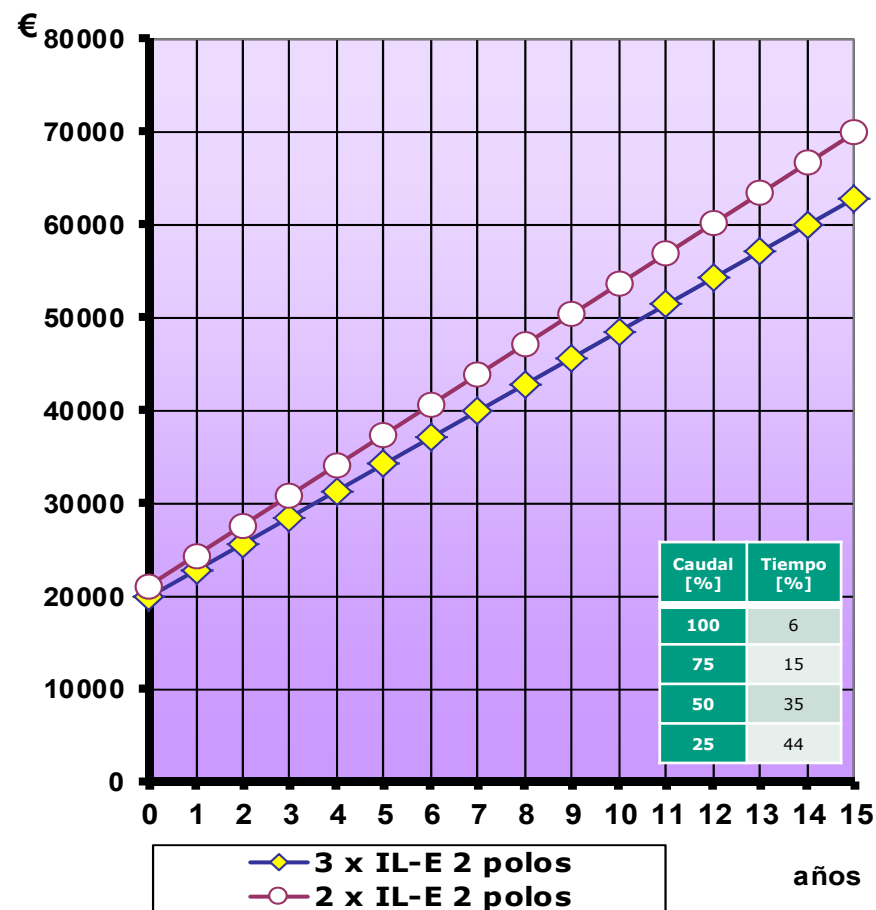
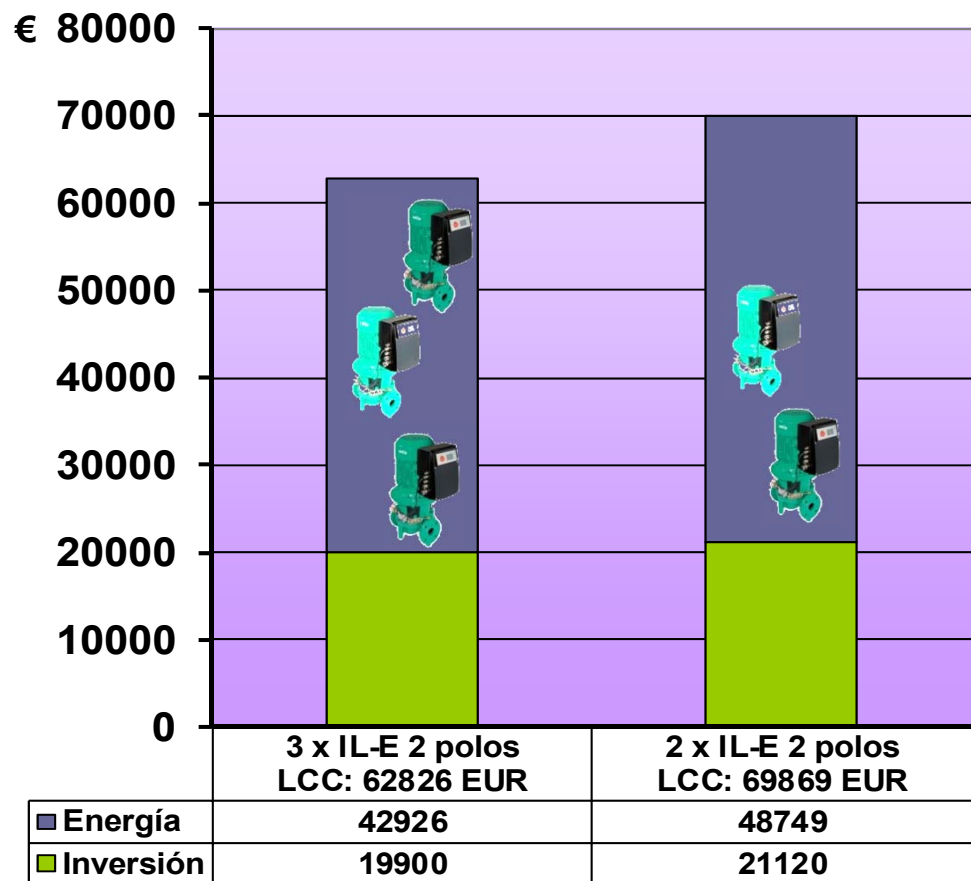
Sistema de caudal variable - 2 polos vs. 4 polos, 1+1



Ahorro energético: **15.664 € (24,3%)**

Ejemplo: Bombas electrónicas Δp -c Q = 200 m³/h H = 16 m.c.a. 5000 h/a 0,09 €/kWh

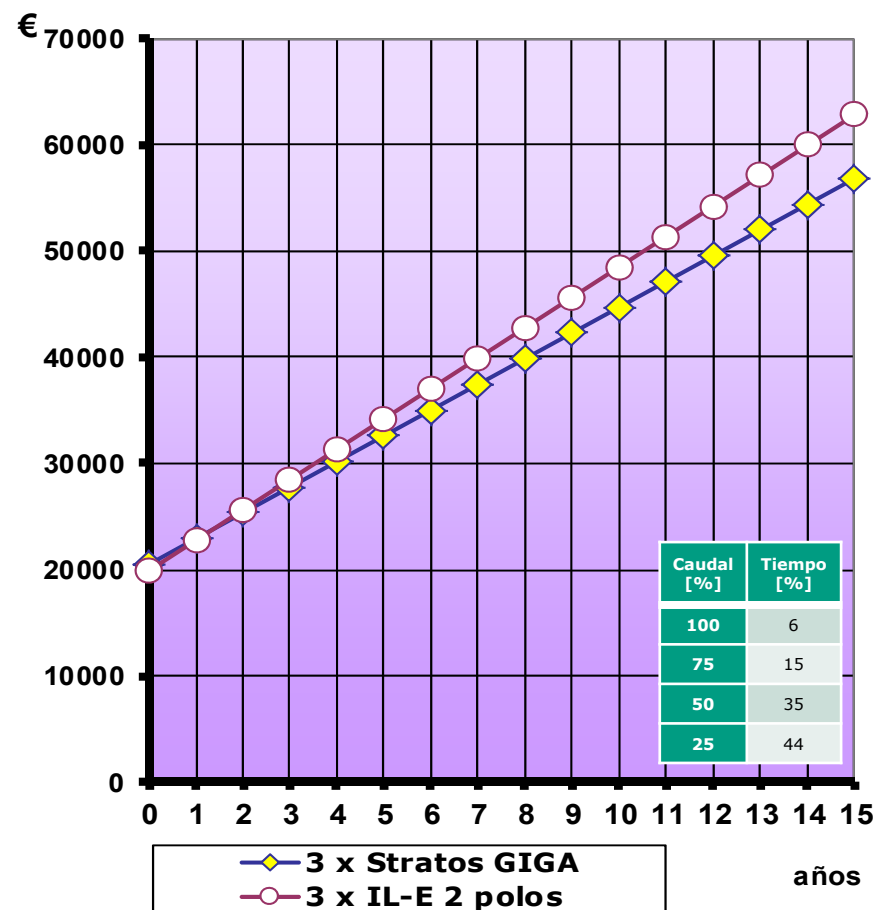
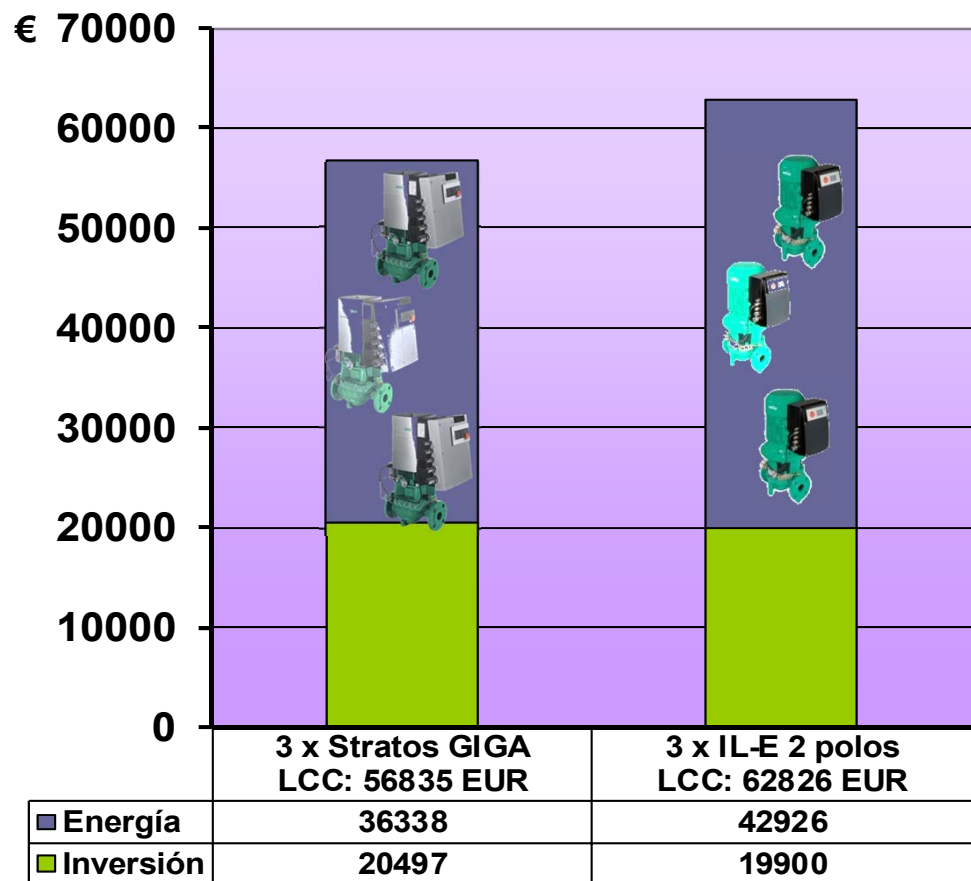
Sistema de caudal variable – 2+1 bombas vs. 1+1 bombas



Ahorro energético: **5.820 € (11,9%)**

Ejemplo: Bombas electrónicas Δp -c Q = 200 m³/h H = 16 m.c.a. 5000 h/a 0,09 €/kWh

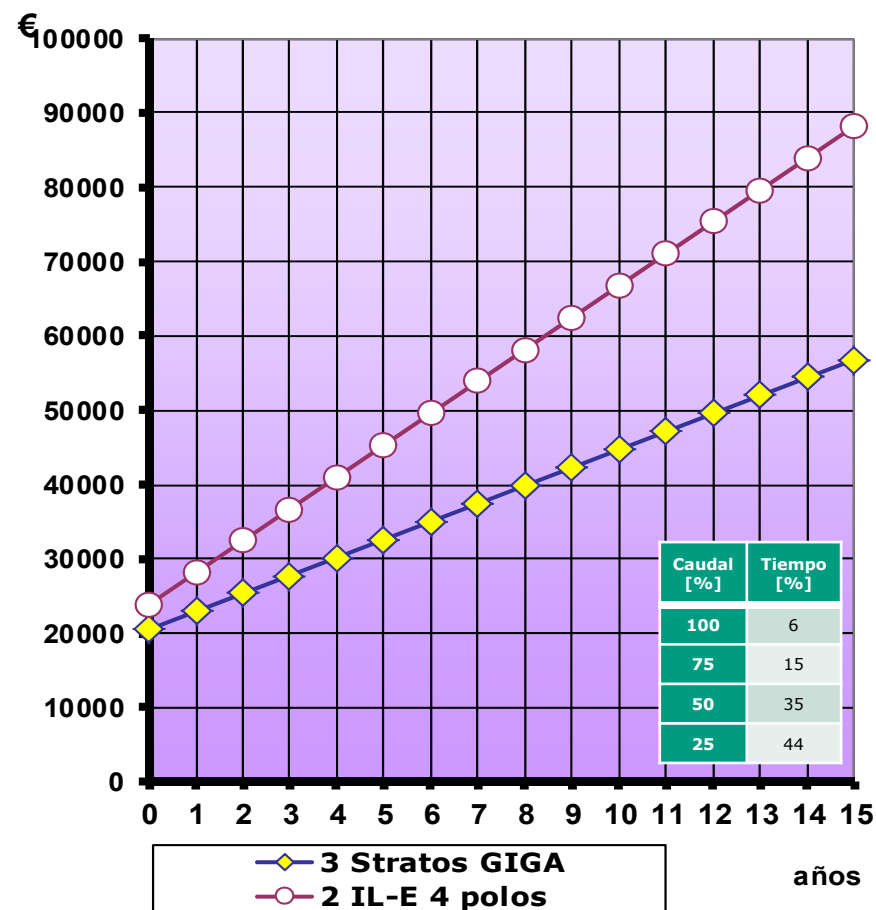
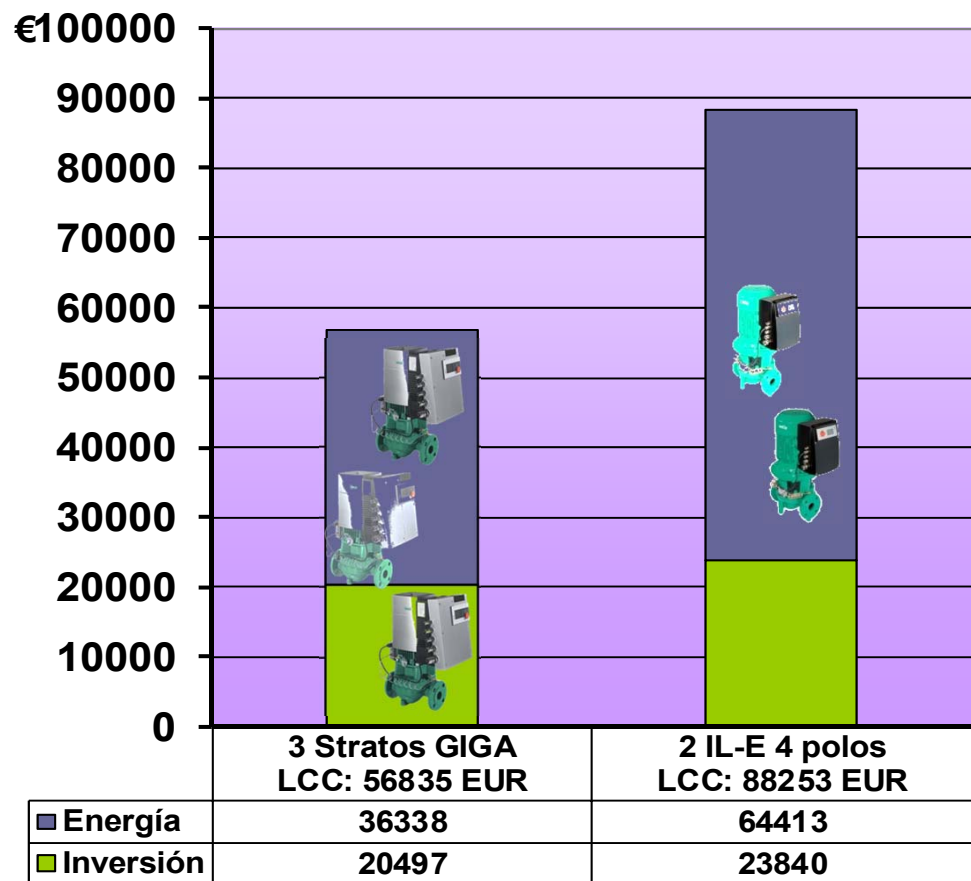
Sistema de caudal variable – Imán permanente vs. motor asíncrono



Ahorro energético: **6.588 € (15,3%)**

Ejemplo: Bombas electrónicas Δp -c Q = 200 m³/h H = 16 m.c.a. 5000 h/a 0,09 €/kWh

Coste del ciclo de vida – Bombas en paralelo para reparto de carga



Ahorro energético total: **28.075 € (43,6%)**

Ejemplo: Bombas electrónicas Δp -c Q = 200 m³/h H = 16 m.c.a. 5000 h/a 0,09 €/kWh

wilo



¡ Gracias por su atención !