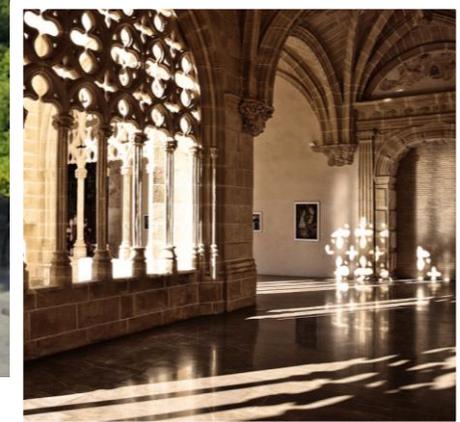


# SISTEMAS EFICIENTES EN DESALACIÓN

AUTORES: RAFAEL RAMOS & JOAN GALTÉS (DANFOSS)

inspiring change



ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*



**Rafael Ramos**

Business Development Manager  
Responsable Desarrollo de Negocio

Direct tel.: +34 916 586 725  
Mobile: +34 648 798 276  
Direct fax: +34 916 639 366  
Rafael.ramos@danfoss.com

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

**Danfoss S.A.**  
Caléndula 93  
Edificio I, Miniparc III  
28109 Alcobendas, Madrid  
España

[www.danfoss.com](http://www.danfoss.com)

**Joan Galtés**

Sales Manager  
High Pressure Pumps

Direct tel.: +34 93-280-33-69  
Mobile: +34 608-34-99-35  
joan.galtes@danfoss.com

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

**DANFOSS S.A**  
Parc de Negocis Mas Blau  
Solsonès, 2 Esc. B C2  
08820 Prat Llobregat  
Spain

<http://high-pressurepumps.danfoss.com>

Danfoss es una compañía de origen Danés de, fundada en 1933 por la familia Clausen, dedicada a la fabricación de diferentes productos de alto valor añadido y al conocimiento de sus aplicaciones.



# INTRODUCCIÓN

ENGINEERING  
TOMORROW



## Executive Committee

**Kim Fausing**  
Executive Vice President & COO

**Niels B. Christiansen**  
President & CEO

**Jesper V. Christensen**  
Executive Vice President & CFO

Global  
Services

Corporate  
Functions

### Danfoss Power Solutions

**Eric Alström**  
Segment President

Hydrostatics  
Work Function  
Controls

### Danfoss Cooling

**Jürgen Fischer**  
Segment President

Refrigeration &  
Air Conditioning Controls  
Commercial Compressors  
Industry Business  
Heat Exchangers

### Danfoss Drives

**Vesa Laisi**  
Segment President

Power Electronics  
Vacon

### Danfoss Heating

**Lars Tveen**  
Segment President

Residential Heating  
District Energy  
Commercial Controls



# INTRODUCCIÓN



- Últimos 10-15 años avances en Eficiencia energética en plantas OI
  - Sistemas Isobáricos
  - Bombas centrífugas – tecnología más usada en bastidores grandes
  - Bombas de desplazamiento positivo limitadas a bastidores relativamente pequeños.
- Objetivo de esta presentación:
  - Mostrar las ventajas y avances de las bombas de desplazamiento positivo en bastidores de tamaño mayor
  - Demostrar como aún hay cierto margen para la optimización de las plantas desaladoras para la eficiencia energética: Bomba de desplazamiento positivo, sistemas isobáricos y Variadores
  - Comportamiento de las bombas APP cuando hay estacionalidad comparado con sistemas convencionales.

# Tecnologías de alta en eficiencia en osmosis inversa

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

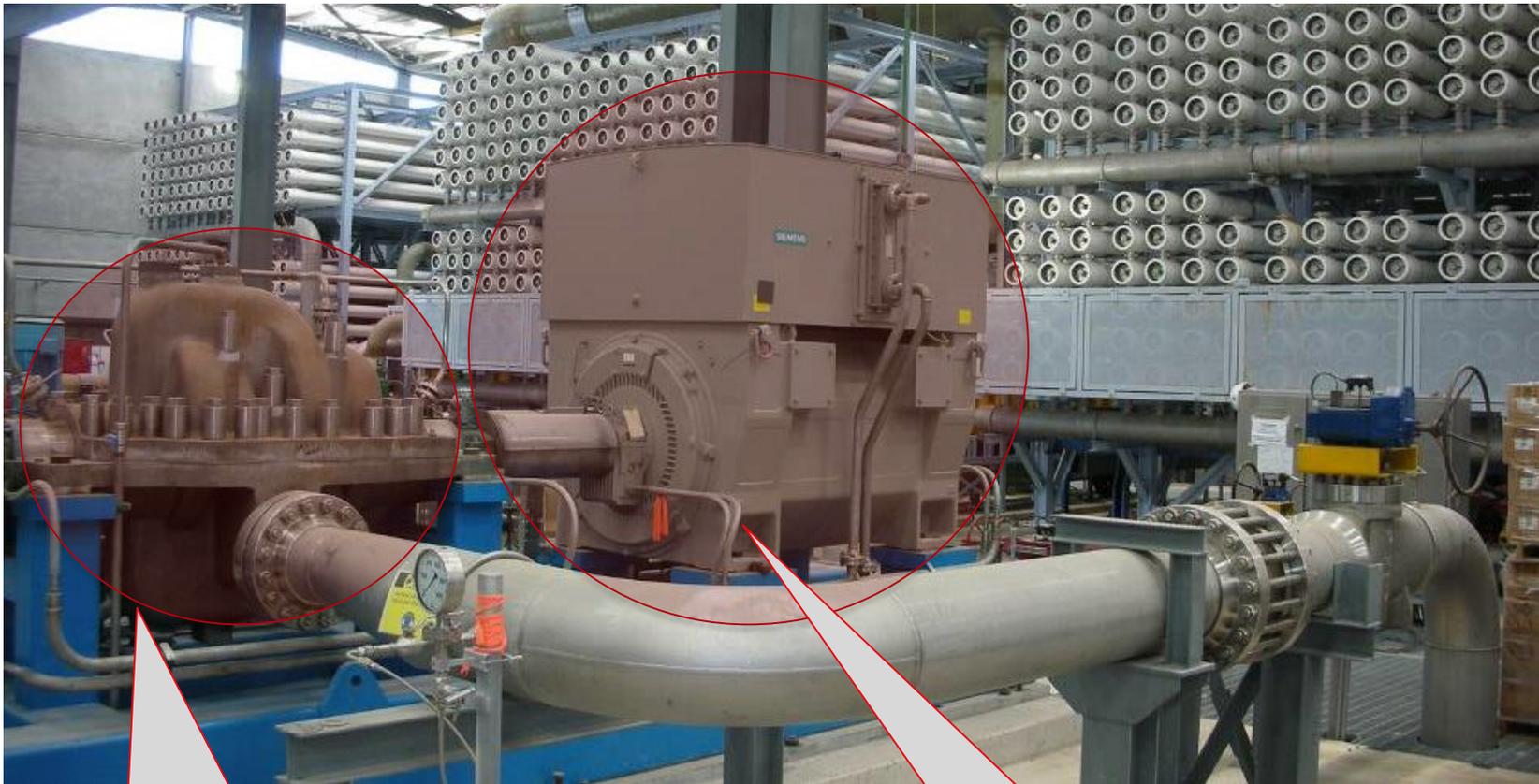
- **Motores**
- **Variadores de Velocidad**
- **Bombas de alta presión**
  - **Bombas de pistones axiales**
  - **Bombas Centrifugas**
- **Recuperadores de energía**
- **Costes energéticos, retorno de inversión**



# High Efficiency Areas

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*



Eficiencia en  
Motores

Eficiencia en  
Bombas

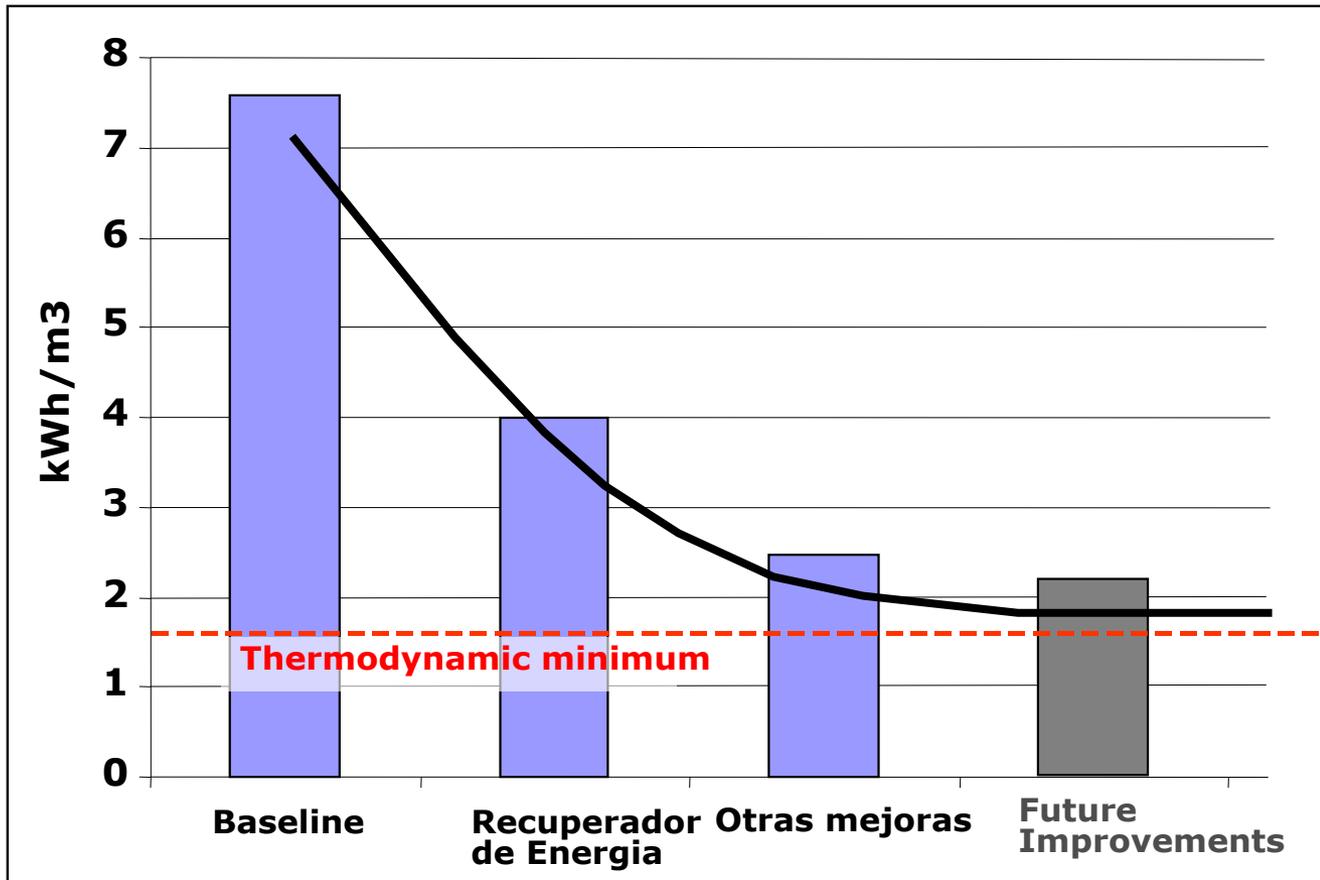
# Objetivos – Abordable para todo tamaño de plantas

ENGINEERING  
TOMORROW

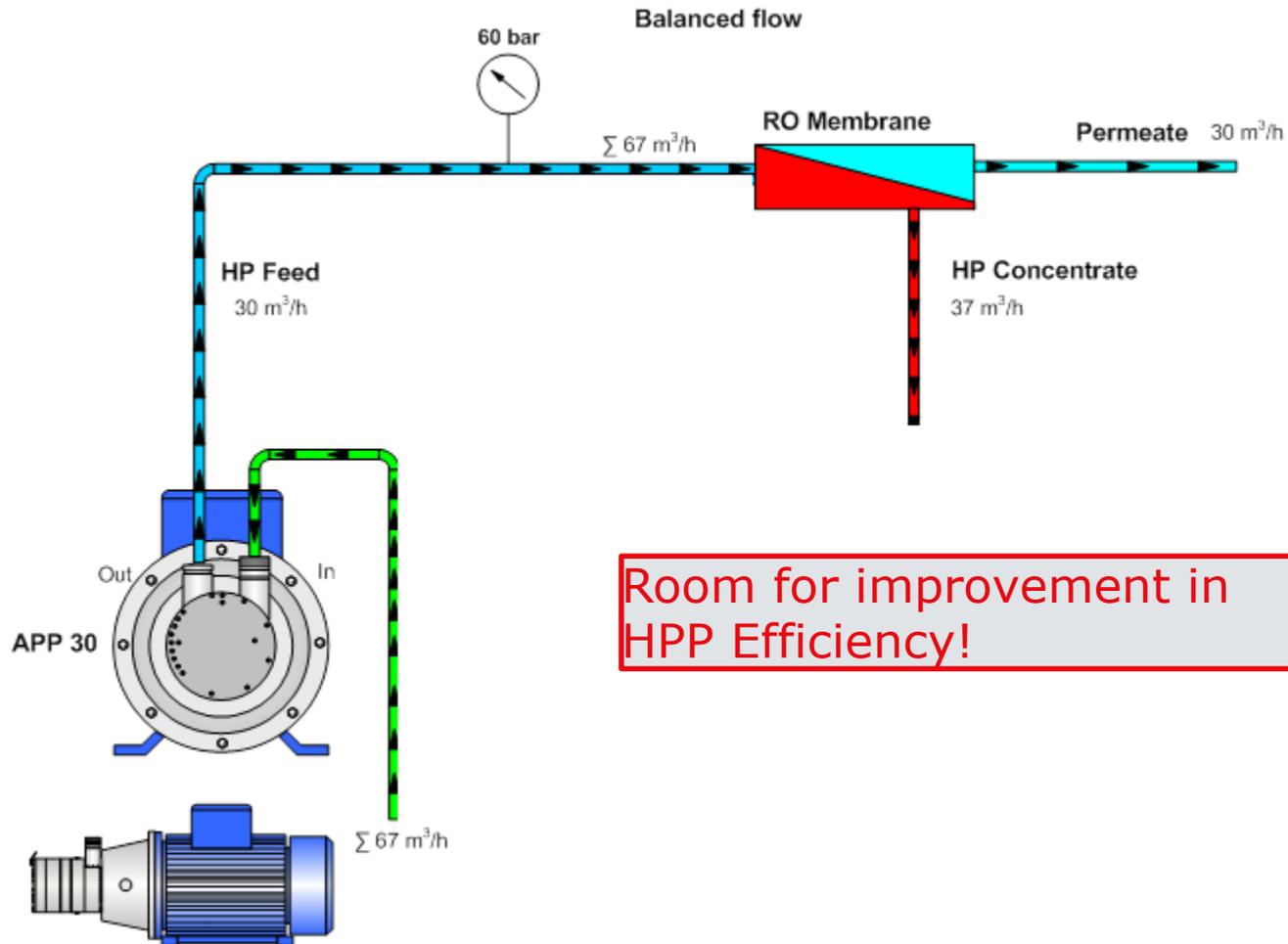
*Danfoss*



# Innovaciones en Osmosis inversa



# Diseño y componentes utilizados

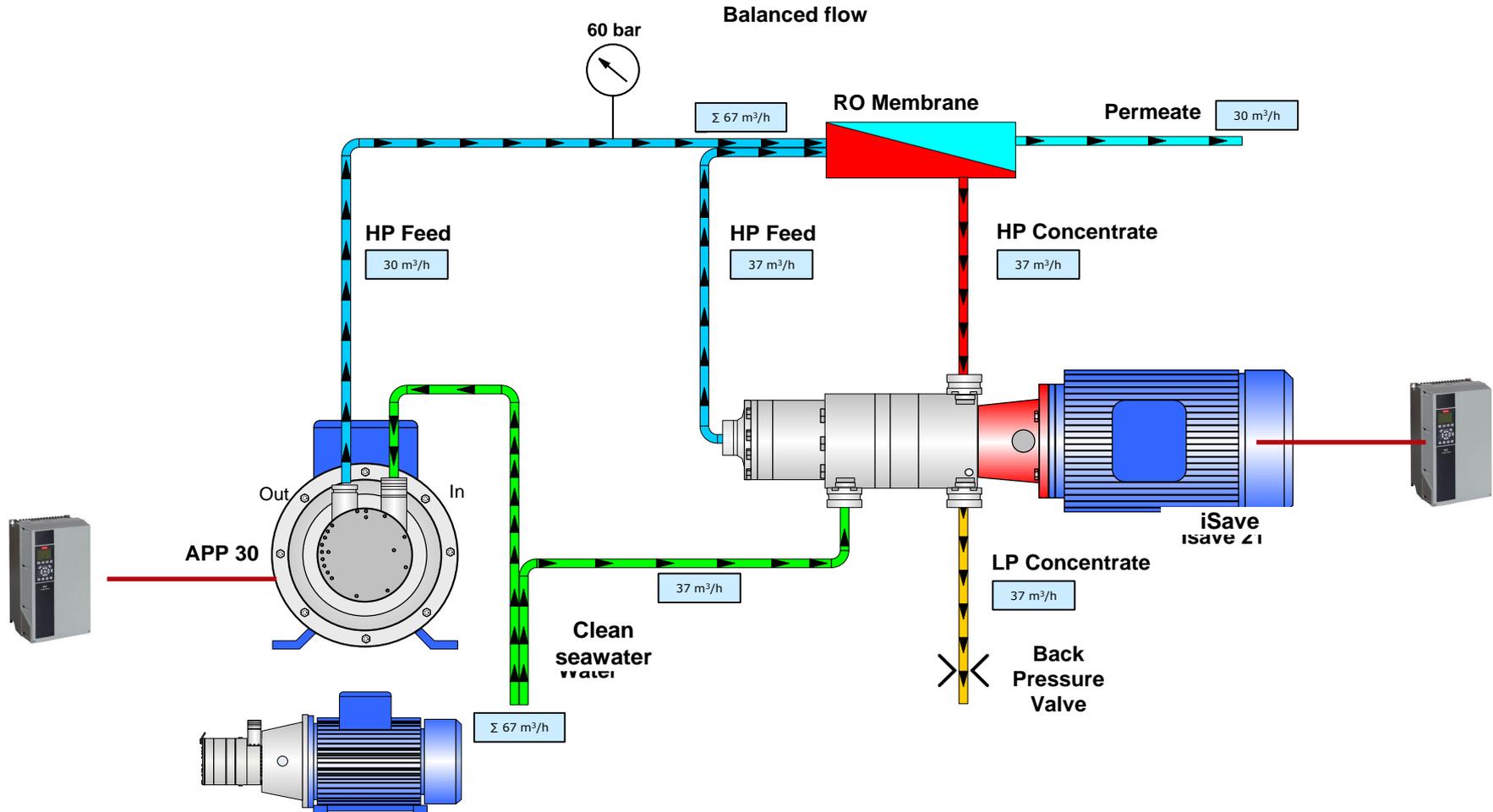


# Diseño y componentes utilizados

## Alta eficiencia

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*



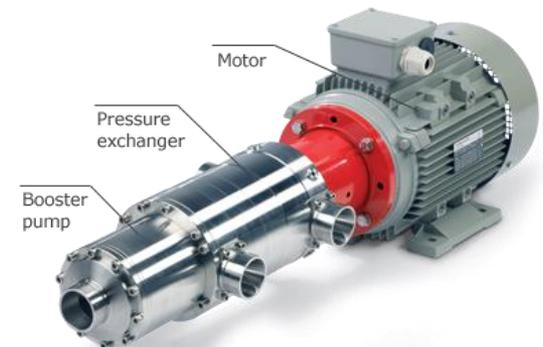
# Osmosis inversa- Componentes

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

Bombas de alta presión, válvulas, transductores de presión, presostatos de seguridad, bombas booster, dosificación de bisulfito, sulfúrico, etc..

Finalmente, cada bomba esta compuesta por un motor eléctrico, y un cuerpo mecánico, donde cada parte tiene su propia eficiencia.



# Tecnologías de alta en eficiencia en osmosis inversa

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

- **Motores**
- Variadores de Velocidad
- Bombas de alta presión
  - Bombas de pistones axiales
  - Bombas Centrifugas
- Recuperadores de energía
- Costes energéticos, retorno de inversión



- Los equipos accionados por motores eléctricos, **consumen 2/3 de toda la energía en la industria**, por lo que tienen un gran impacto en el medio ambiente.
- Estos equipos trabajan un largo periodo de tiempo
- Al reducir la energía de motores eléctricos, incrementamos la eficiencia de la planta.

## Motores de Inducción

- El estator es fabricado en aluminio o cobre
- Para crear campo magnético rotatorio necesitamos electricidad
- Motores antiguos tiene eficiencias IE1 e IE2



## Motores de Imanes Permanentes

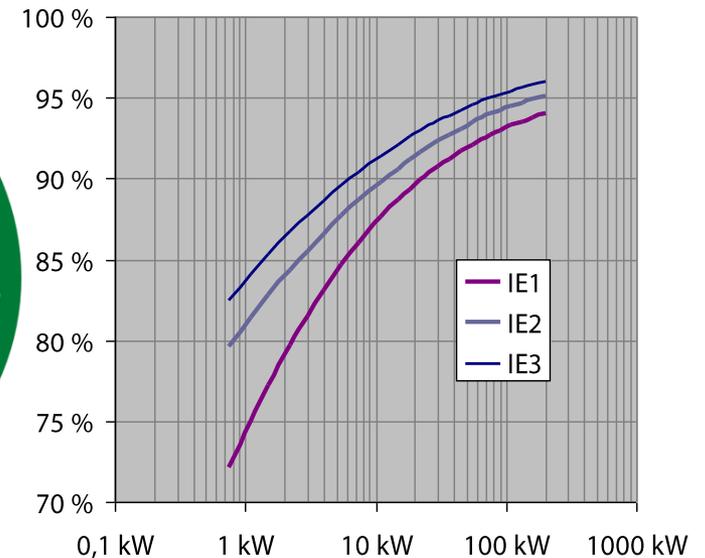
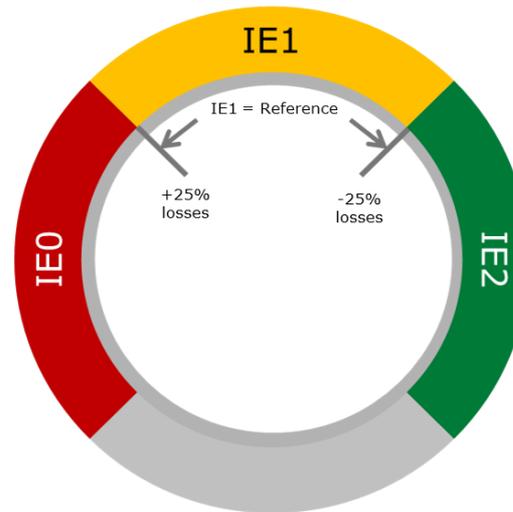
- Motores sincronicos
- Imanes embebidos en el rotor, ayudan a generar campo magnético, significa que se necesita menor electricidad.
- Eficiencias IE3 e IE4.



# IEC 60034-30-1 Estándares de Eficiencia para motores de baja tensión

- Define los tipos de eficiencia IE1-IE4 para motores, alimentados con tensión sinusoidal
- No se hace distinción entre diferentes tecnologías (Motores de imanes permanentes e Inducción)
- IE está definido a corriente nominal de motor

IEC 60034-30	
IE1	standard
IE2	High
IE3	premium



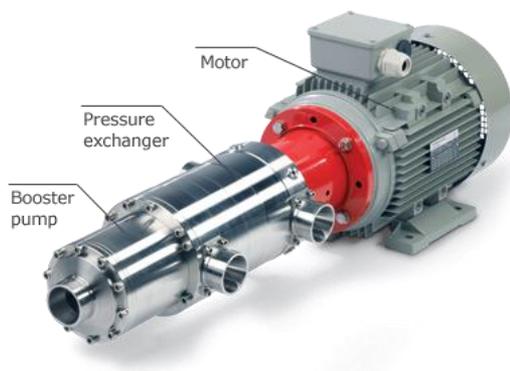
# Motores

## Comparación Eficiencia

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

### Motores de Inducción



Type	kW	
AMHE 132S RA	4	5.5

IE2 $\eta$		
50%	75%	100%
87.5	88.3	88.1

Type	kW	
AMPE 132S ZA	4	5.5

IE3 $\eta$		
50%	75%	100%
90.6	91.0	91.2

### Motores Imanes Permanentes



Type	Size	Rated speed	Rated power
		n 1/min	P <sub>n</sub> kW
HPS112 1500 117	M	1500	5.5

Efficiency HPS
$\eta$ %
92.5%

# Tecnologías de alta en eficiencia en osmosis inversa

ENGINEERING  
TOMORROW

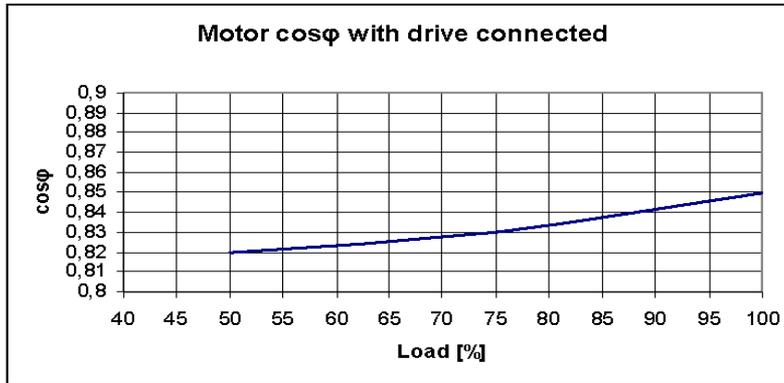
*Danfoss*

- Motores
- **Variadores de Velocidad**
- Bombas de alta presión
  - Bombas de pistones axiales
  - Bombas Centrifugas
- Recuperadores de energía
- Costes energéticos, retorno de inversión

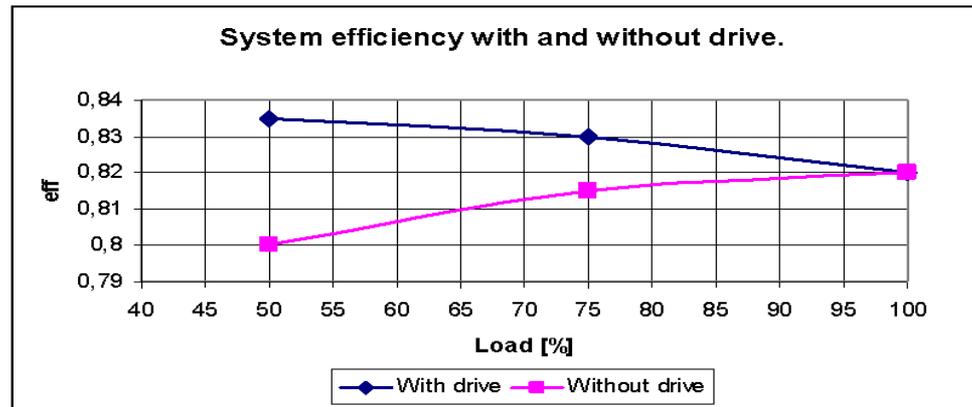
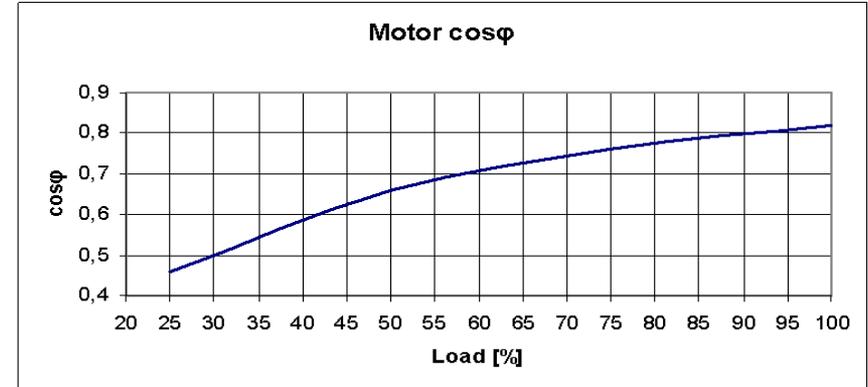


# Incremento de eficiencia con Variador de velocidad

- Con VLT



- Sin VLT

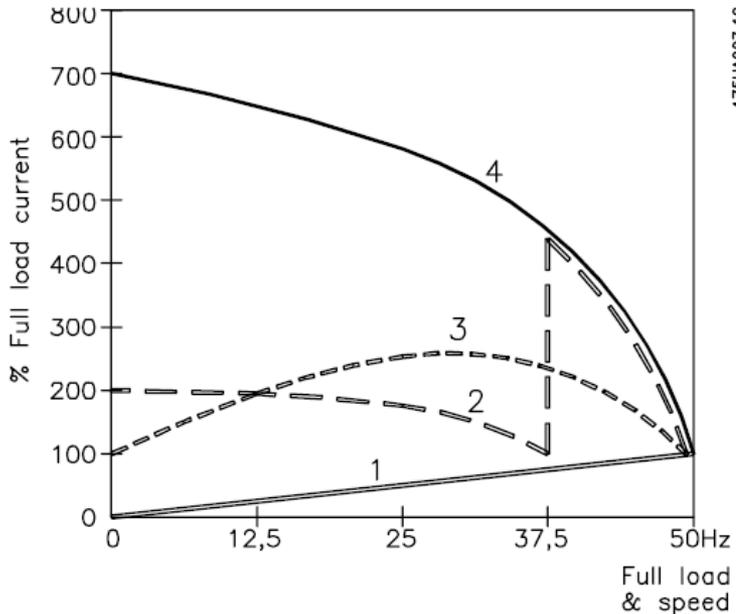


**Incremento del 3% por mejora de cos phi**

# Incremento de eficiencia con Variador de velocidad

## Arranque de motor

- Consumo mediante contactor en arranque 7 veces la intensidad nominal. Largo tiempo de magnetización de motor.
- Arrancador suave, 2 veces la intensidad nominal.
- Arranque Estrella triángulo, 2 a 4 veces la intensidad nominal.
- Variadores de frecuencia, **adaptamos** el consume a la carga.
- Posibilidad de utilizar motores mas pequeños



# Incremento de eficiencia con Variador de velocidad

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

Existen dos tecnologías para refrigerar los variadores de velocidad

- Air Cooled
- Liquid Cooled

**Po cada 2 kw perdidos necesitamos un 1kw de aire acondicionado**

**20-25kw Perdidas en aire    1,5-3kw Perdidas en aire**



# Tecnologías de alta en eficiencia en osmosis inversa

ENGINEERING  
TOMORROW

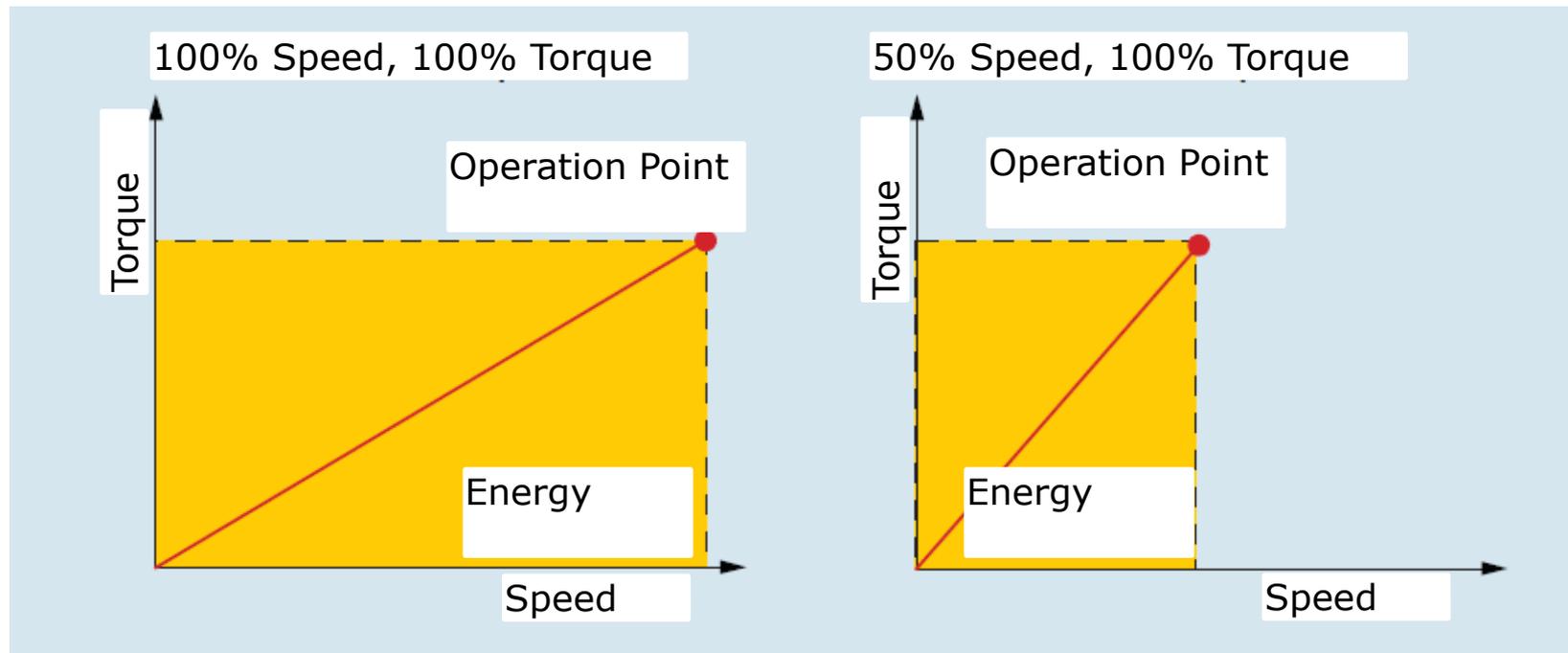
*Danfoss*

- Motores
- Variadores de Velocidad
- **Bombas de alta presión**
  - **Bombas de pistones axiales**
  - Bombas Centrifugas
- Recuperadores de energía
- Costes energéticos, retorno de inversión



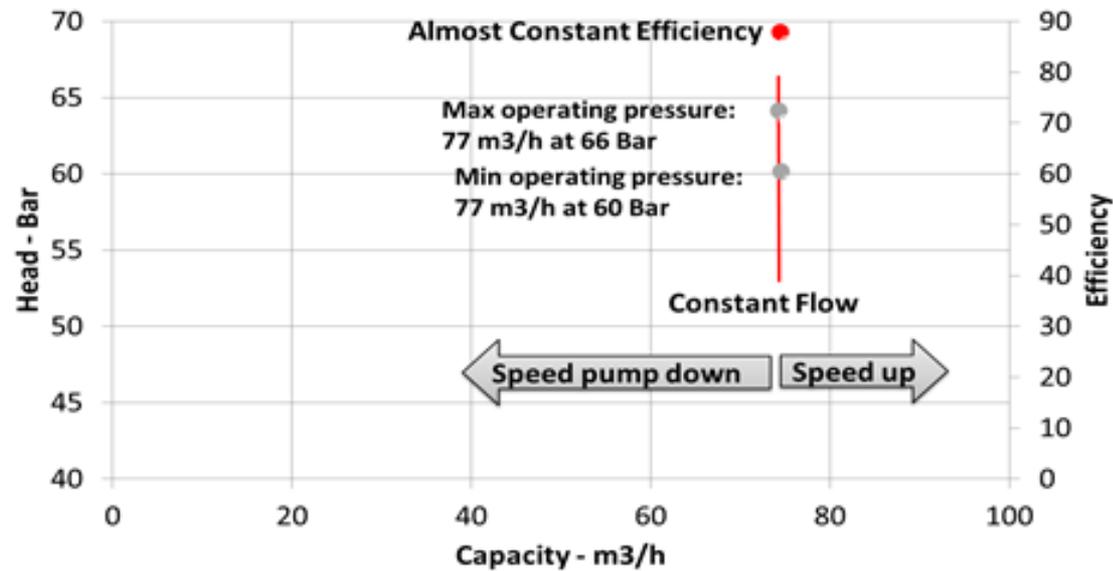
# Bomba de Alta presión

- **Par Constante – Bombas de piston axial**



- Bombas de desplazamiento positivo = Caudal constante independiente de la presión.

## Bombas de desplazamiento, curva de caudal

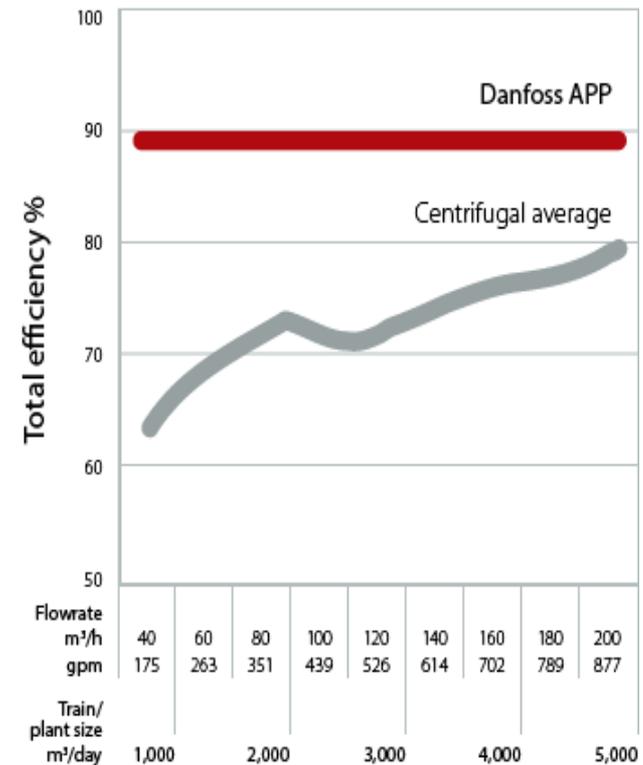


# Bomba de Alta presión

## Reduce el consume de Energía



- Bombas de alta presión, hasta el 90% de eficiencia.
- Ahorro de hasta un 50%, comparado con bombas de energía.

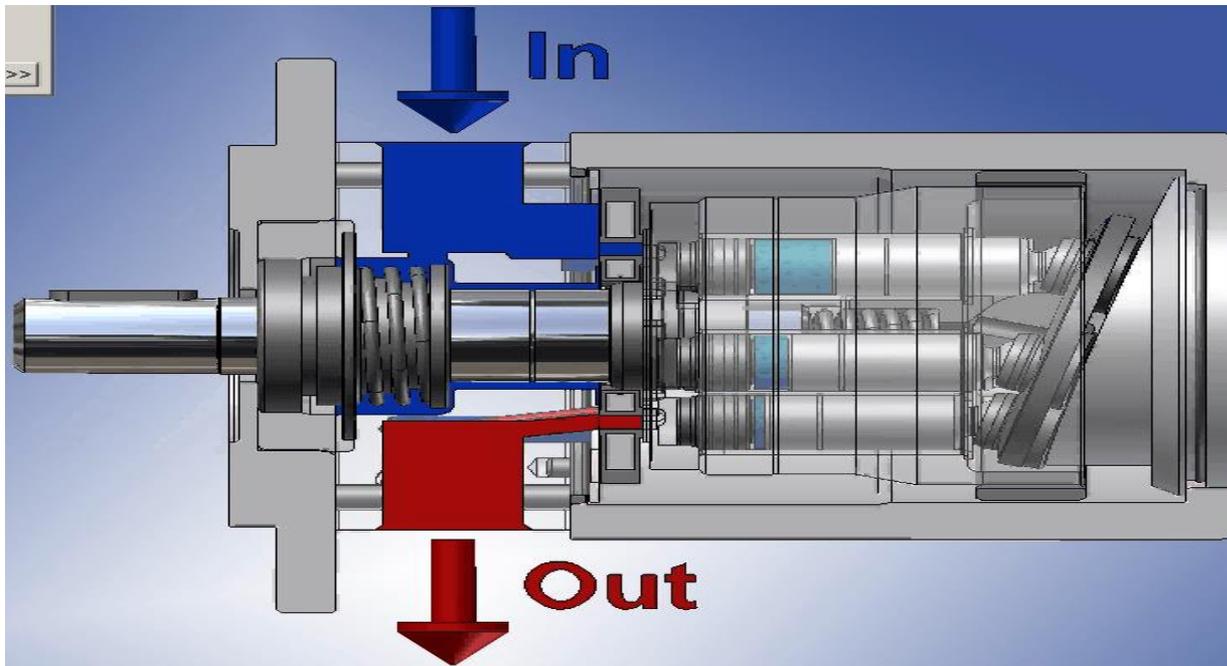


# Bomba de Alta presión Reduce el consume de Energía

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

## ¿Como funciona la bomba de APP?



# Tecnologías de alta en eficiencia en osmosis inversa

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

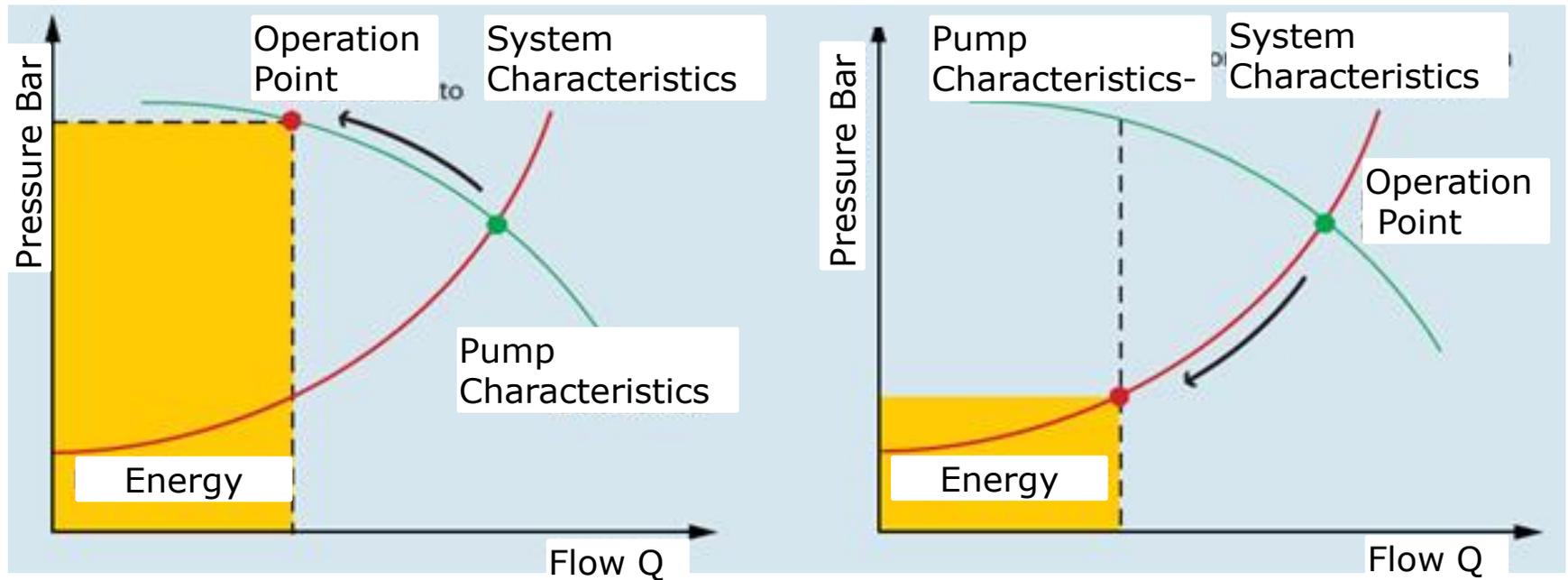
- Motores
- Variadores de Velocidad
- **Bombas de alta presión**
  - Bombas de pistones axiales
  - **Bombas Centrifugas**
- Recuperadores de energía
- Costes energéticos, retorno de inversión



# Bomba de Alta presión

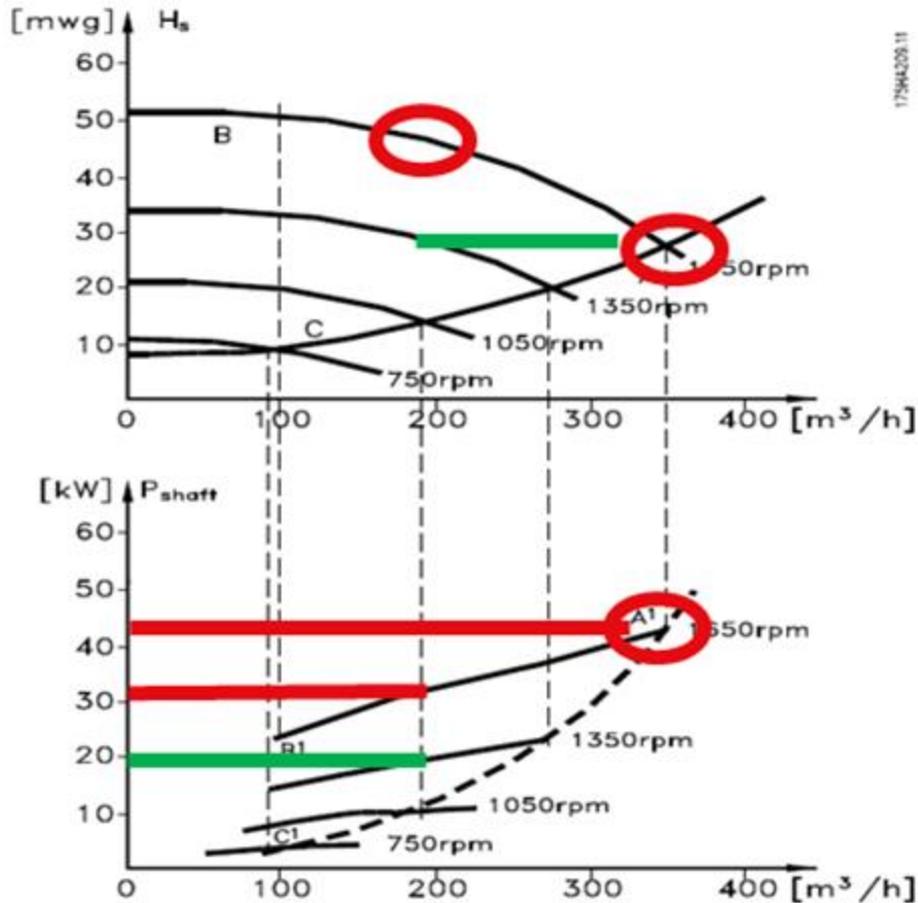


- **Par variable – Bombas Centrifugas**



# Bomba de Alta presión

## • Par variable – Bombas Centrifugas



## Affinity Law

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

Bomba de Alta presión  
Ahorra de energía del 50%.

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

Plantas de desalación  
Ahorro energía de 100KW por bomba, al decrementar 6 Hz



# Tecnologías de alta en eficiencia en osmosis inversa

ENGINEERING  
TOMORROW

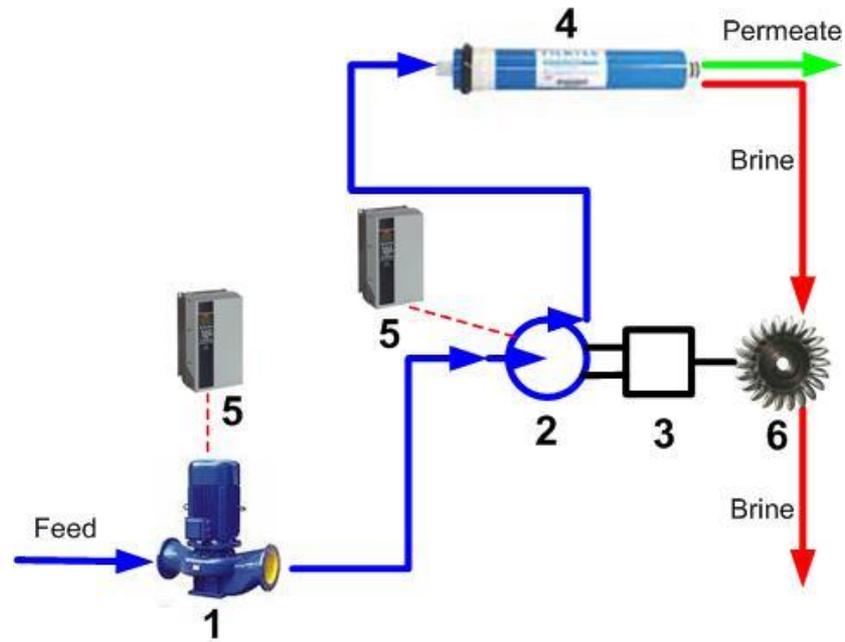
*Danfoss*

- Motores
- Variadores de Velocidad
- Bombas de alta presión
  - Bombas de pistones axiales
  - Bombas Centrifugas
- **Recuperadores de energía**
- Costes energéticos, retorno de inversión



# Bombas de alta presión

## Turbina Pelton

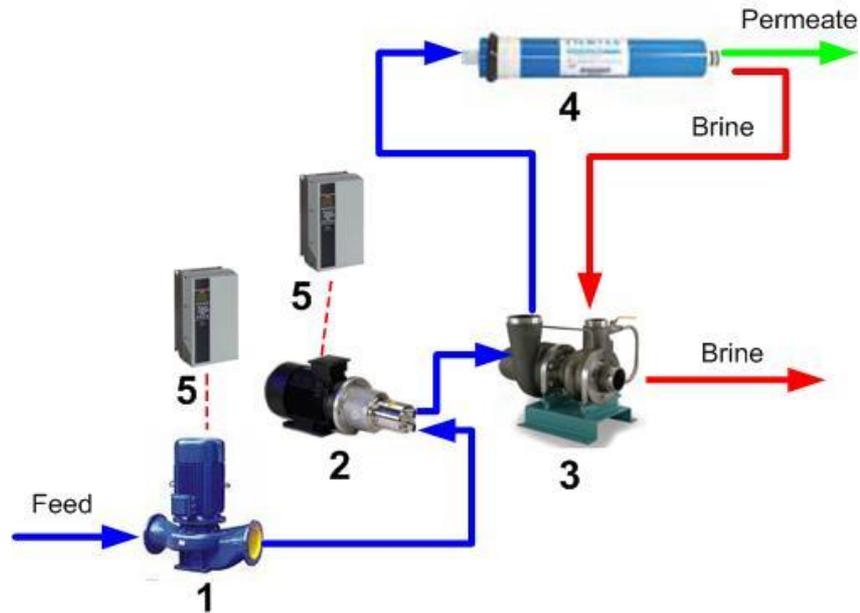


- 1. Feed Pump 2. High Pressure Pump 3. Motor
- 4. RO Membrane 5. VFD 6. Pelton Wheel

# Bombas de alta presión Recovery Turbocharger

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*



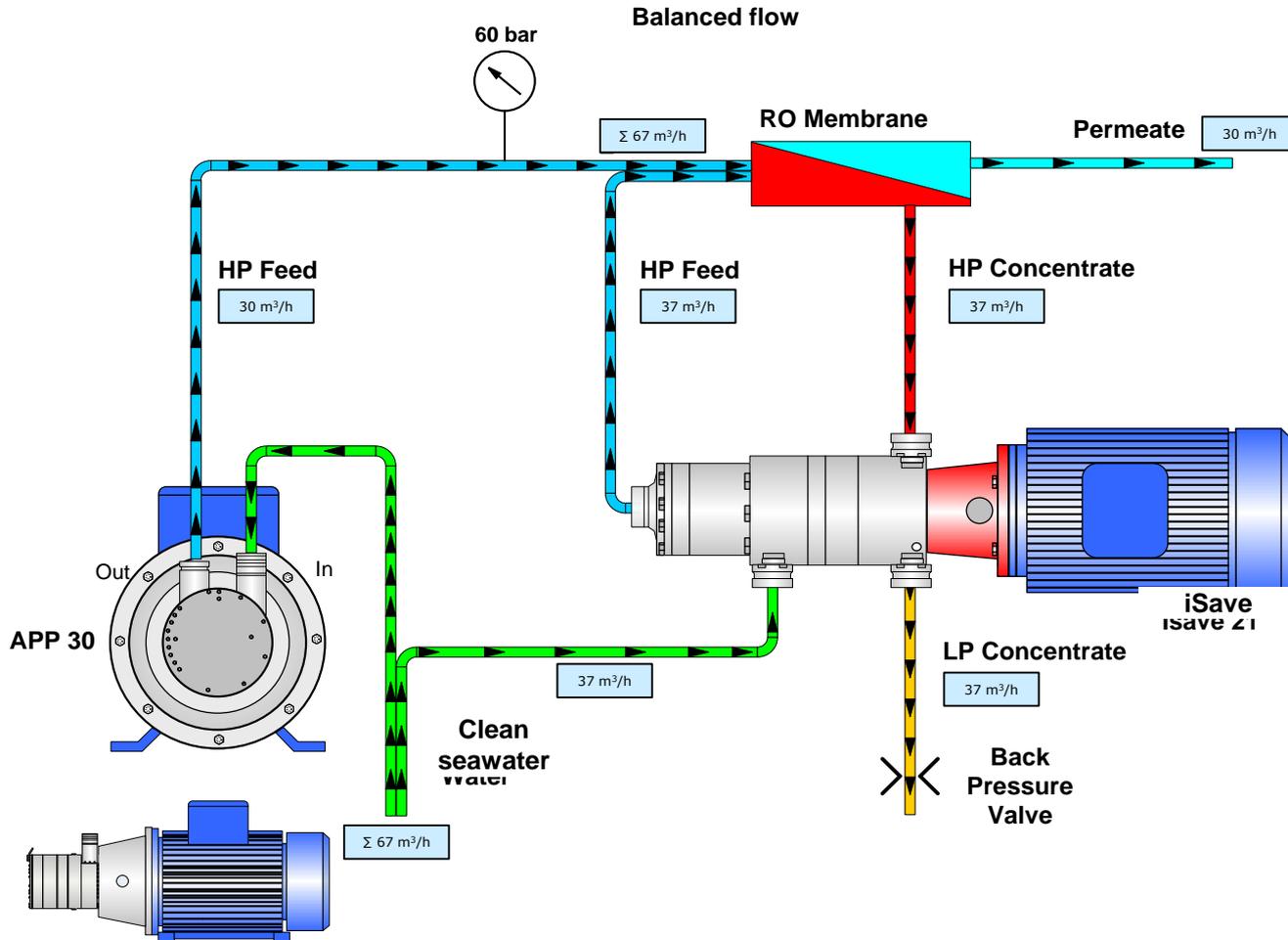
1. Feed Pump 2. High Pressure Pump 3. Turbocharger  
4. RO Membrane 5. VFD



# Bombas de alta presión Recuperador de Energía



## SWRO Setup with isobaric iSave ERD



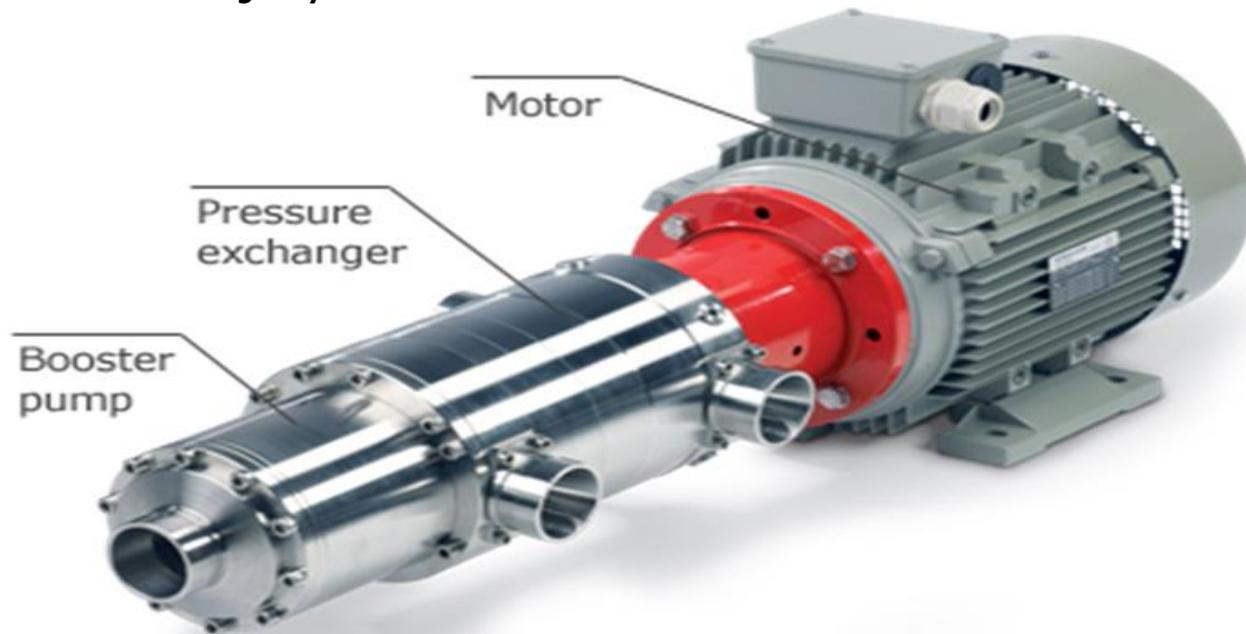
# Bombas de alta presión Recuperador de Energía

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

## Características:

- Principio Isobárico (High efficiency)
- Bomba de desplazamiento positivo incorporado.
- Caudal constante
- Simplicidad en montaje y mantenimiento



# Bombas de alta presión Recuperador de Energía

## Características:

- Principio Isobárico (High efficiency)
- Bomba de desplazamiento positivo incorporado.
- Caudal constante
- Simplicidad en montaje y mantenimiento



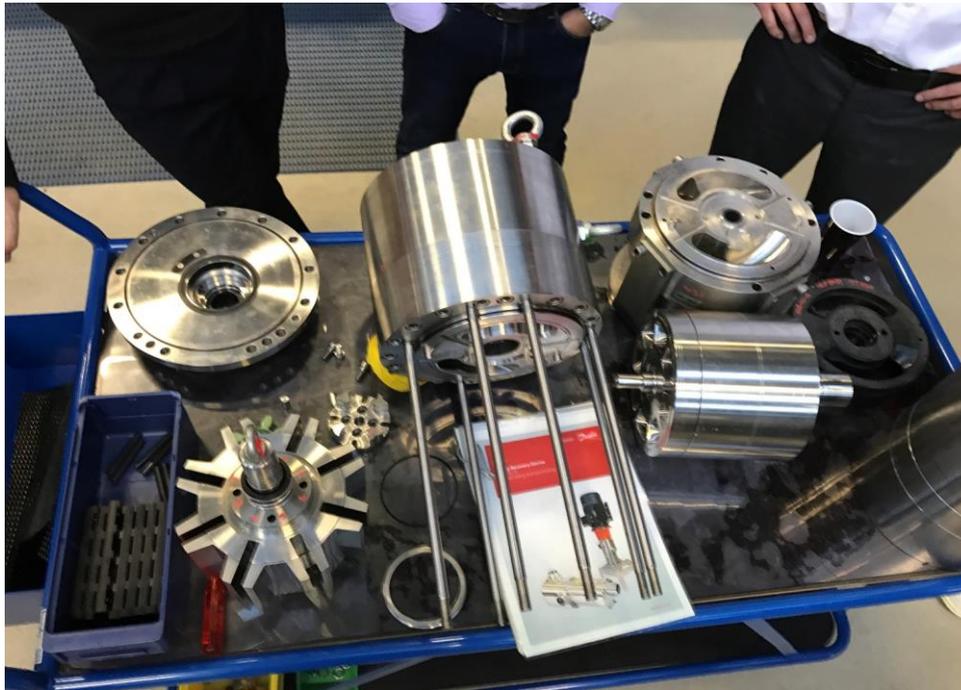
# Bombas de alta presión Recuperador de Energía

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

## Características:

- Principio Isobárico (High efficiency)
- Bomba de desplazamiento positivo incorporado.
- Caudal constante
- Simplicidad en montaje y mantenimiento



# Tecnologías de alta en eficiencia en osmosis inversa

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

- Motores
- Variadores de Velocidad
- Bombas de alta presión
  - Bombas de pistones axiales
  - Bombas Centrifugas
- Recuperadores de energía
- **Costes energéticos, retorno de inversión**



# Bombas de alta presión SWRO Comparación Técnica

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

Planta de saladora 5000m<sup>3</sup>/dia  
Presión en Membrana 66 bar @ 45%  
Diferencias entre sistemas de recuperación de energía  
Bomba de alta presión centrífuga con variador

ERD TYPE	1,000 m <sup>3</sup> /d (kWh/m <sup>3</sup> )	5,000 m <sup>3</sup> /d (kWh/m <sup>3</sup> )	>15,000 m <sup>3</sup> /d SYSTEM (kWh/m <sup>3</sup> )
Pelton Turbine	4.01	3,42	2.79
Turbocharger	3,58	3,03	2,62
Isobaric ERD (iSave®)	2,76	2.42	2,29

# Bombas de alta presión SWRO Comparación Técnica

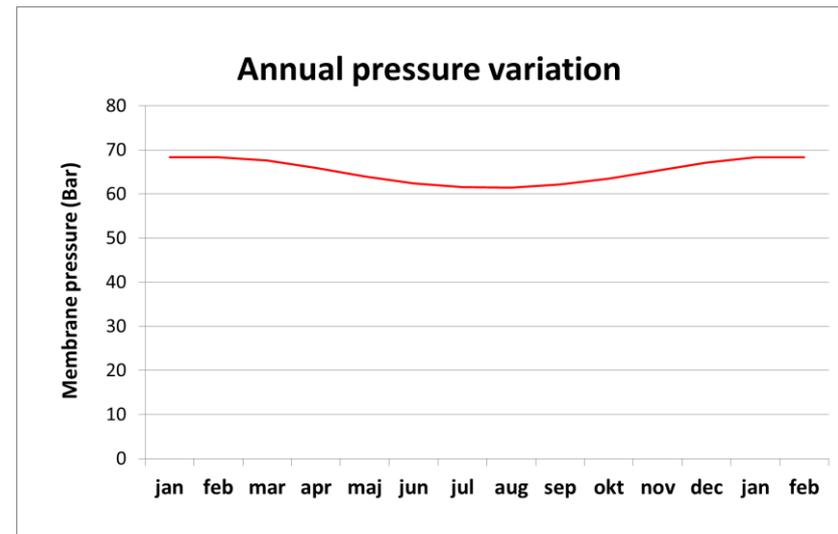


Planta de saladora 5000m<sup>3</sup>/dia  
 Presión en Membrana 66 bar @ 45%  
 Diferencias entre sistemas de recuperación de energía  
 Bomba de alta presión axial con variador

ERD TYPE	1000 m <sup>3</sup> /d (kWh/m <sup>3</sup> )	5,000 m <sup>3</sup> /d (kWh/m <sup>3</sup> )	>15,000 m <sup>3</sup> /d SYSTEM (kWh/m <sup>3</sup> )
Pelton Turbine	<del>4,01</del> 3,13	<del>3,42</del> 2,86	2.69
Turbocharger	<del>3,58</del> 3,01	<del>3,03</del> 2,69	2,61
Isobaric ERD (Isave®)	<del>2,76</del> 2,29	<del>2,42</del> 2,29	2,29

# CASO DE ESTUDIO

- Caudal constante en permeado, variación de presión por condiciones funcionamiento
  - Cambio de salinidad
  - Ensuciamiento de membrana
  - Temperatura de agua
- Respuesta de bomba centrífuga y pistones a los cambios en el Sistema



5,000 m<sup>3</sup>/d Producción  
60-69 Cambio de presión en operación

# CASO DE ESTUDIO

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

Bomba centrífuga. Tres principio de regulación:

1. Velocidad fija en bomba de alta presión, regulando en válvula de impulsión
2. Regulación velocidad variable en bomba de alta:
3. Bomba booster de alta presión.  
Regulación de velocidad en bomba de baja

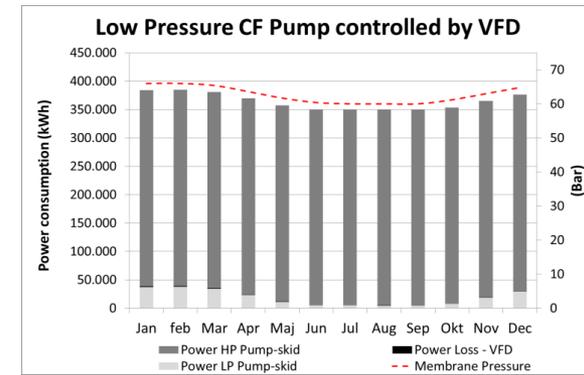
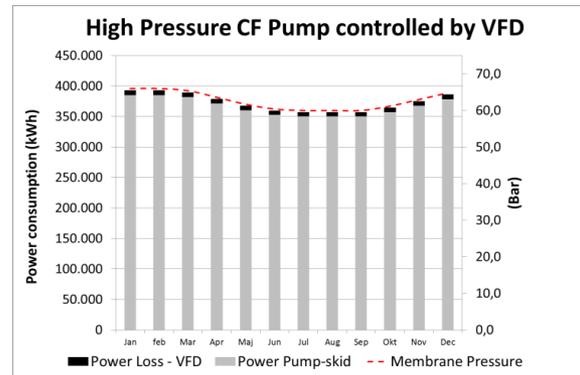
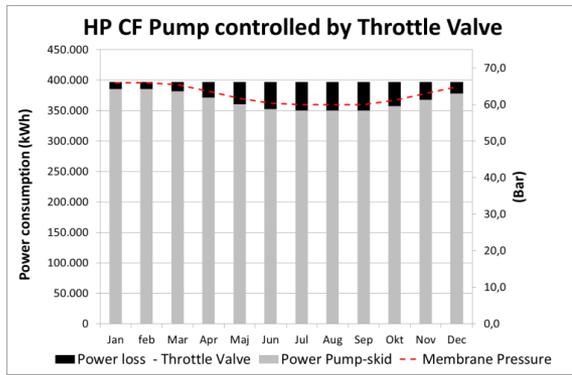
# Consumo de energía con variación de velocidad en bomba de alta



Planta de saladora 5000m<sup>3</sup>/dia  
 Presión en Membrana 66 bar @ 45%

**Con recuperador isobárico**

Bomba de alta cetrifuga con válvula Vs bomba de pistón con variador



**Energy consumption:**  
 4.764 MWh/year (2,61  
 kWh/m<sup>3</sup>)

**Throttle loss:**  
 373.000 kWh/year  
 (0,2 kWh/m<sup>3</sup>)

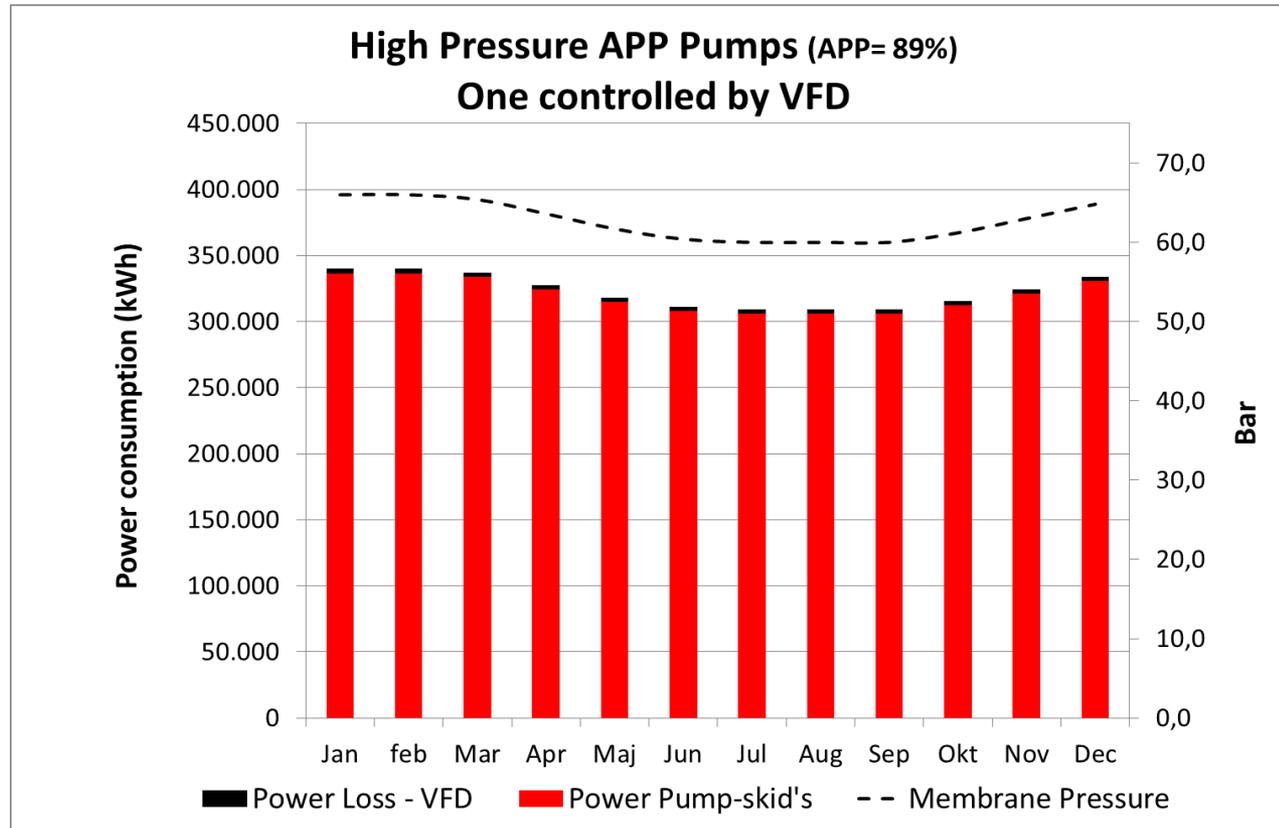
**Energy consumption:**  
 4.480 MWh/year (2,45  
 kWh/m<sup>3</sup>)

**VFD loss:**  
 90.000 kWh/year  
 (0,05 kWh/m<sup>3</sup>)

**Energy consumption:**  
 4.372 MWh/year (2,39  
 kWh/m<sup>3</sup>)

**VFD loss:**  
 6.800 kWh/year  
 (0,0004 kWh/m<sup>3</sup>)

# Consumo de energía con variación de velocidad en bomba de alta

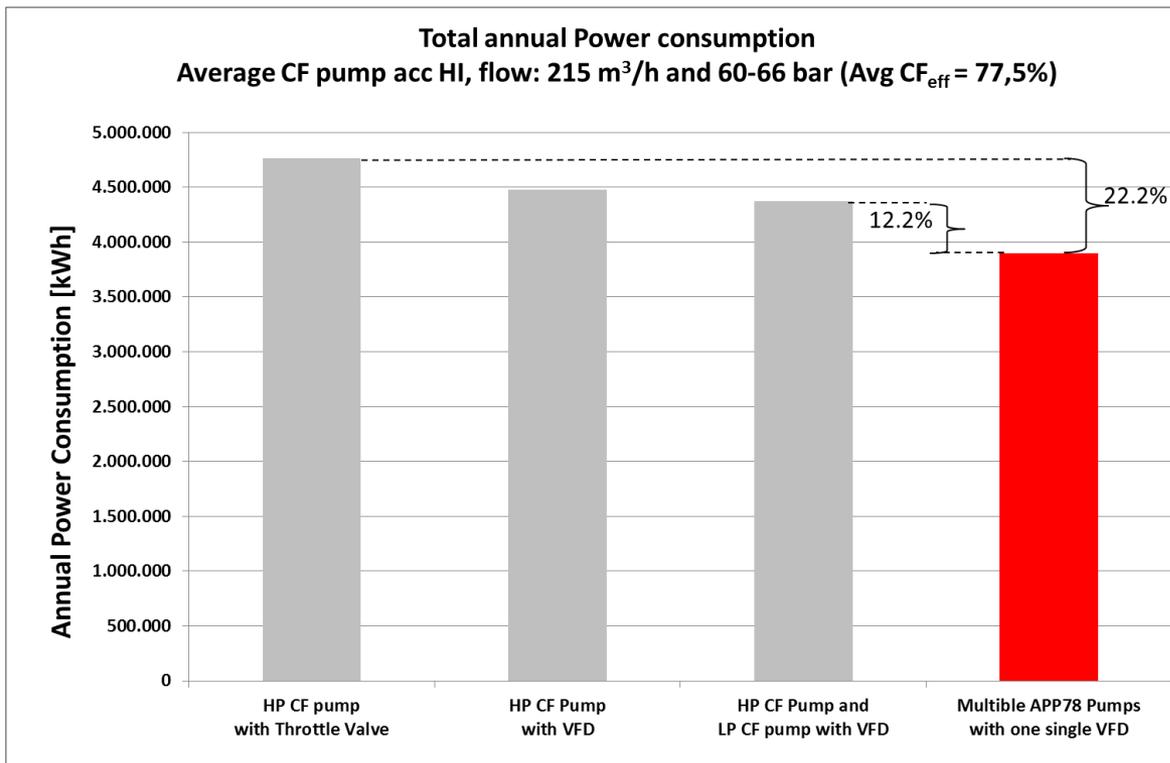


Pump skid - total: 3.875 MWh/year ( 2,12 average)

# Bombas de alta presión

## Conclusiones

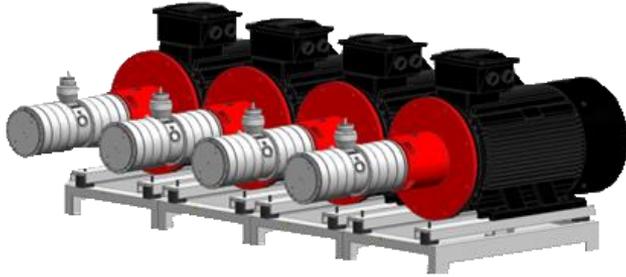
Estimamos que existe un ahorro de 20.000€/Año por cada 0,1kw/m<sup>3</sup>  
Comparando instalación con válvula frente a bomba de pistón, ahorro  
de 0,5kw/m<sup>3</sup> – 100.000€/año - ROI, 2 años



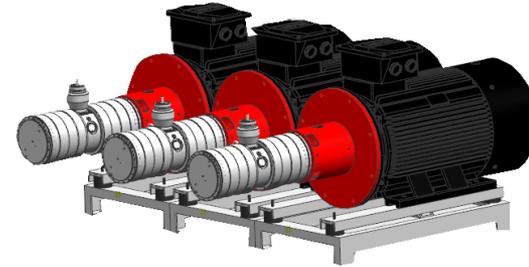
# Sistemas redundantes

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*



4 Bombas para suministro del 100% de producción



3 bombas para suministro de 75% de producción



1 Bomba 100% de producción



# Sistemas redundantes

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*



# Sistemas redundantes

iSave concept



No Name isobaric ERD and HP booster pump



# Ejemplos

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*



# Conclusiones y Ventajas

- **La eficiencia energética en planta de Osmosis inversa puede ser incrementada con el cambio de nuevas tecnologías.**
- Bombas de pistones axiales incrementan la eficiencia con respecto a bombas centrífugas.
- Simplicidad y estabilidad en control de caudal en permeado
- Estandarización e intercambiabilidad de componentes.
- Aumento de numero de pistones reduce la vibración del sistema.
- No lubricación de aceite
- Recuperadores isobáricos en rechazo, ISAVE.
- Instalación horizontal o vertical– Flexibilidad del diseño, según tamaño

# Conclusiones y Ventajas

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

- El cambio de motores de mayor eficiencia.
- Ajuste a cargas y caudales parciales mediante variadores de velocidad. Control presión o caudal.
- Mejora del  $\cos \phi$  y aumento de par en motores.
- Reducción de estrés mecánico.
- Sin sobreconsumo de corrientes en arranque.
- Redundancia de componentes, incrementa la disponibilidad de operación.