



Fuerza. Desempeño. Pasión.

# **Jornada eficiencia energética en la industria**

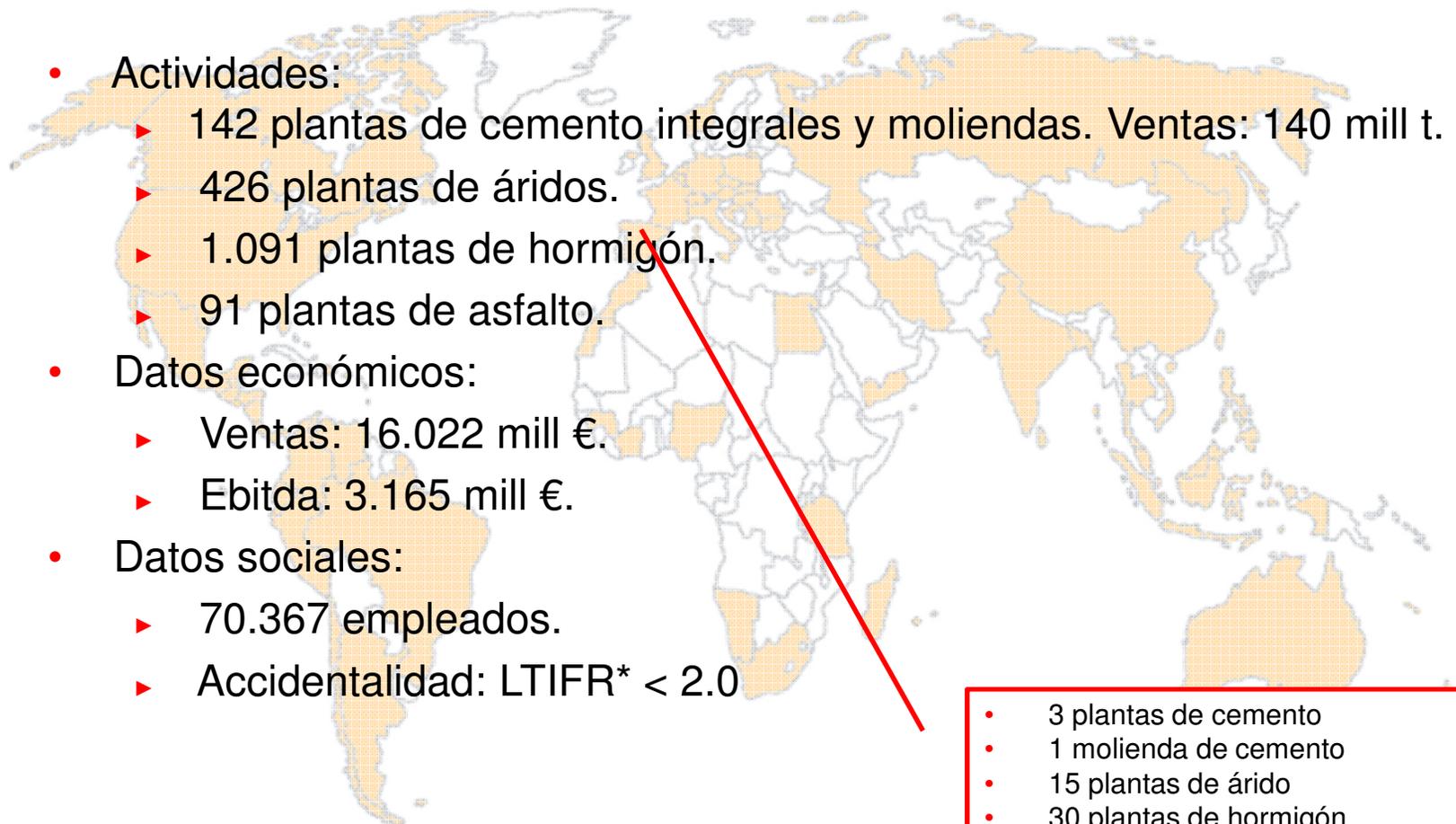
## **«Optimización de auxiliares al proceso productivo»**

Miguel Angel Serrano  
Director de Gestión de Energía  
Marzo - 2014



# Holcim en el mundo (datos 2013)

---



- 3 plantas de cemento
- 1 molinda de cemento
- 15 plantas de árido
- 30 plantas de hormigón
- 1 plantas de mortero
- 1 planta de gestión de residuos

\* LTIFR: nº accidentes con baja por millón de horas trabajadas

# Índice temático

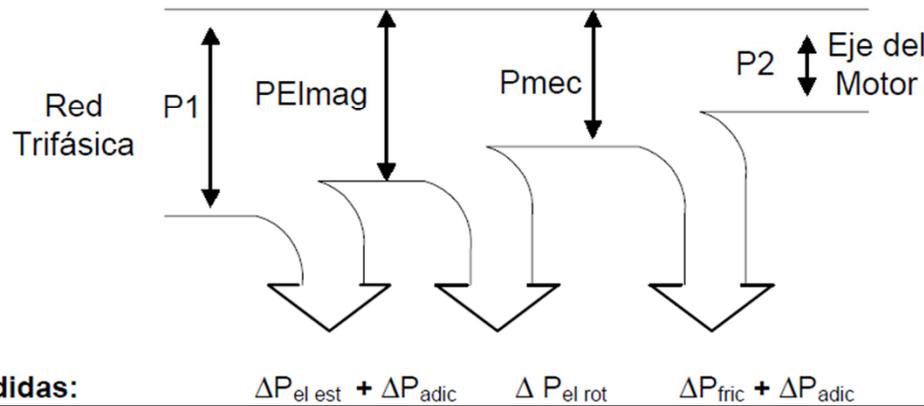
---

- **Sistemas Eléctricos**
  - ▶ Motores eléctricos
  - ▶ Variación de velocidad
  - ▶ Compensación de reactiva
  - ▶ Armónicos
  - ▶ Iluminación
- **Sistemas Térmicos**
  - ▶ Mejora de aislamientos.
  - ▶ Calefacción, aire acondicionado y ventilación
- **Sistemas hidráulicos y neumáticos**
  - ▶ Bombas y ventiladores
  - ▶ Aire comprimido

# Motores Eléctricos: Pérdidas

La potencia mecánica obtenida en el árbol del eje del rotor, se obtiene luego de vencer su inercia y otras pérdidas adicionales, obteniéndose una potencia  $P_2$  :

$$P_2 = P_{mec} - \Delta P_{fric} - \Delta P_{adic}$$



- Pérdidas por efecto Joule por la resistencia de los devanados al paso de la corriente.
- Pérdidas magnéticas asociadas a los campos magnéticos de la máquina.
- Pérdidas mecánicas debidas a rodamientos, a la fricción del aire y elementos fijos sobre las partes móviles.

$$EF\% = \frac{\text{Potencia Mecánica de Salida}}{\text{Potencia Eléctrica de Entrada}} \times 100$$

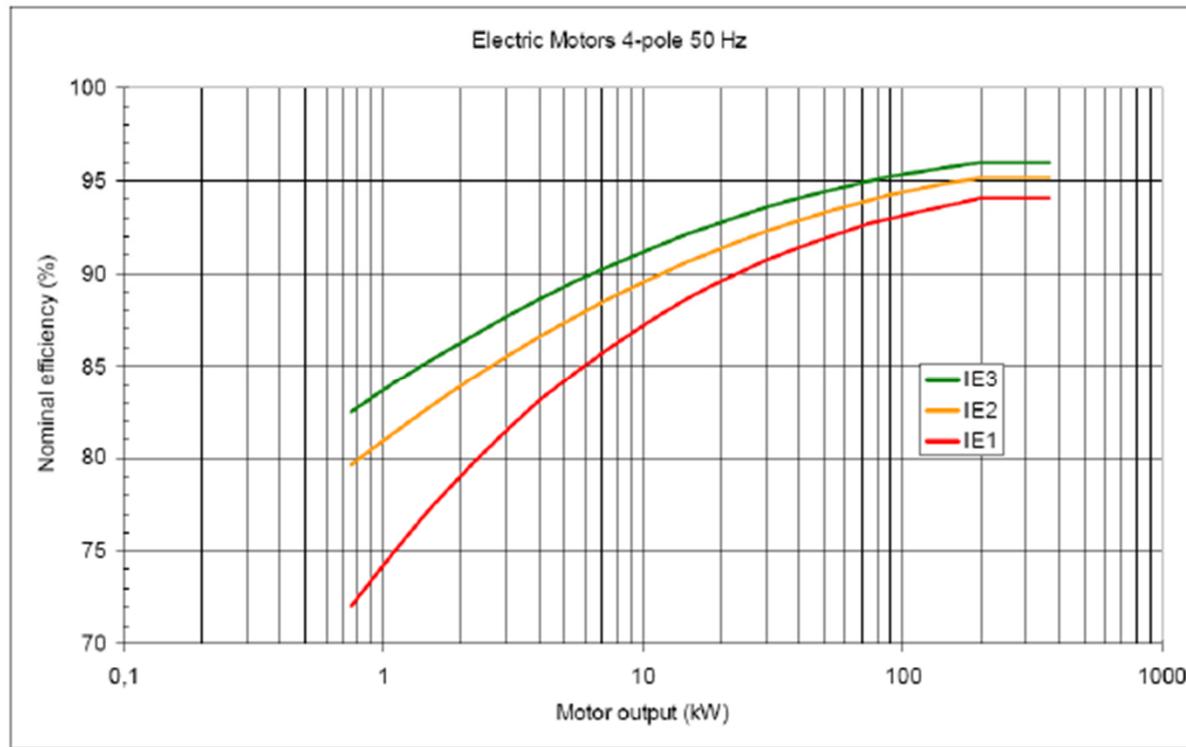
# Motores Eléctricos: Pérdidas

---

Potencia (HP)	5	50	100	200
Tipo de pérdidas	% Pérdidas	% Pérdidas	% Pérdidas	% Pérdidas
Conductores Estator	40	38	28	30
Conductores Rotor	20	22	18	16
Núcleo Magnético	29	20	13	15
Fricción y Ventilación	4	8	14	10
Adicionales en Carga	7	12	27	29
Eficiencia %	83	90.5	91.5	93

Fuente: Andreas Jhon «Energy Efficient»

# Motores Eléctricos: Motores de alta eficiencia



Hay tres niveles de eficiencia que se clasifican como IE1, IE2, IE3 e IE4 (según IEC) o Eff3, Eff2, Eff1 (según CEMEP)

# Motores Eléctricos: Motores de alta eficiencia

---

## CEMEP, NEMA e IEC 60034-30

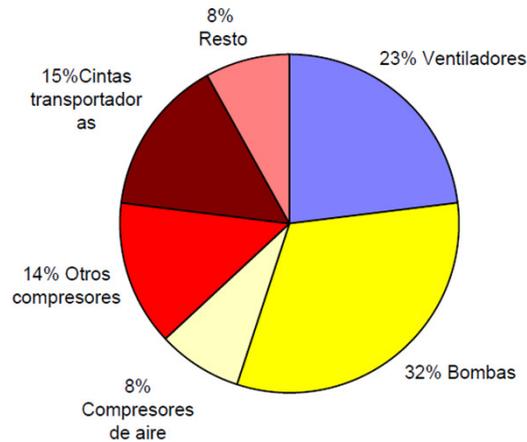
COMPARATIVA

	CEMEP*	EEUU	IEC 60034-30
Super Premium Efficiency			IE4**
Premium Efficiency		NEMA Premium	IE3
High Efficiency	EFF1	EPAct	IE2
Standard Efficiency	EFF2		IE1
Below Standard Efficiency	EFF3		

\* CEMEP declaró que a partir del Junio de 2011 que la marca Eff no sería utilizada

# Motores Eléctricos: Cómo mejorar la eficiencia energética?

---



En la industria, cerca del 42 % de la energía eléctrica, se consume por motores eléctricos

- Correcto dimensionamiento entre el 5 y el 15% de la potencia necesaria.
- Alimentación adecuada con niveles de tensión similares al nominal y eliminando la distorsión armónica de la red.
- Transmisión mediante reductores adecuados a la potencia y a la relación de velocidades, mediante correas en V y preferentemente dentadas.
- Motores de alta eficiencia
- Utilización de variadores de velocidad para asegurar el funcionamiento en el punto óptimo
- ¿Reparación o sustitución? El rebobinado conduce a un aumento de las pérdidas de aprox. 2%. En todas las nuevas instalaciones se montarán motores de alta eficiencia para aquellas máquinas cuyo funcionamiento > XXX h/año

## Variación de velocidad

---

**El punto óptimo de operación es aquel en que el motor acciona la carga a la velocidad necesaria para que el consumo de energía sea el mínimo.**

Su uso añade un enorme potencial para el ahorro de energía disminuyendo la velocidad del motor en muchas aplicaciones:

Ventiladores ( .. 60%)

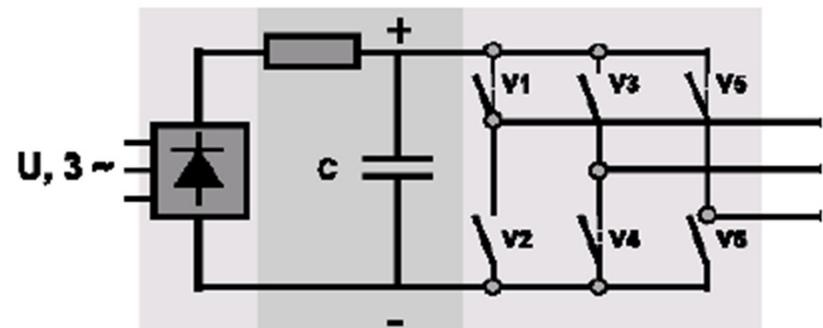
Bombas centrífugas ( .. 60%)

Compresores (10 .. 40%)

Elevadores, ascensores, grúas

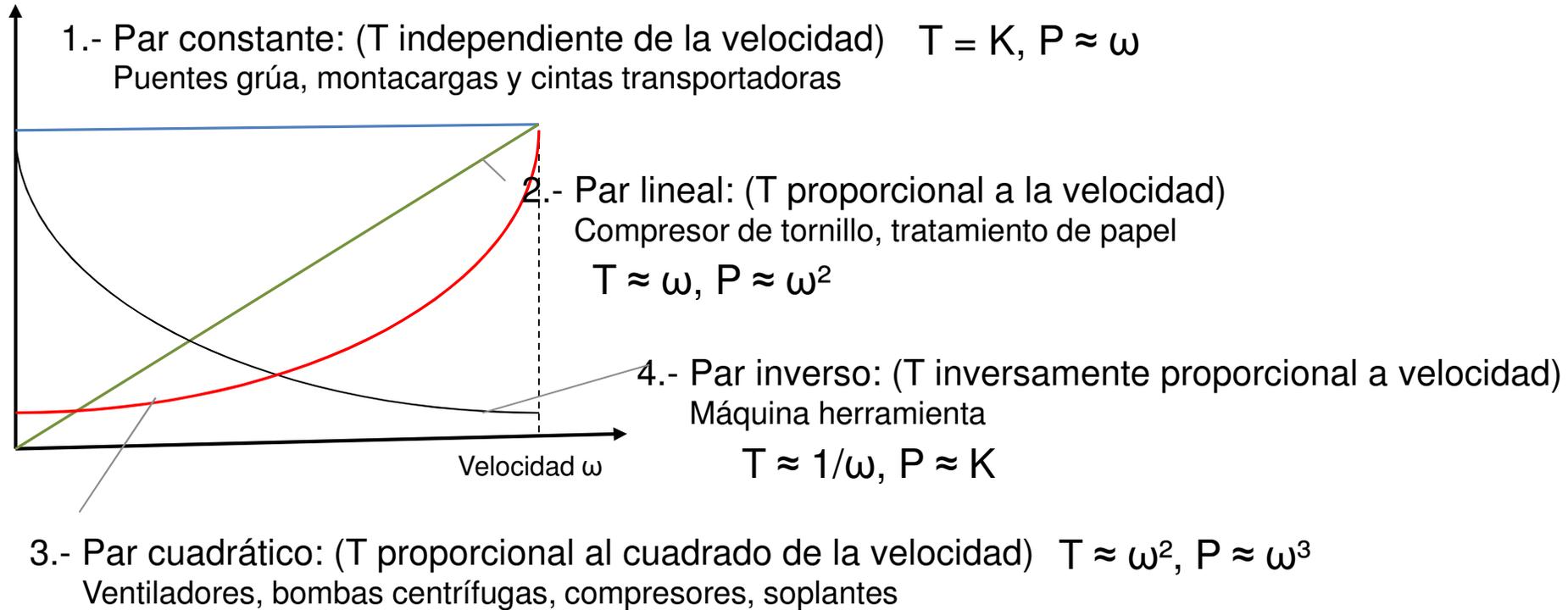
Prensas

Transportadores



# Variación de velocidad: Tipos de cargas

Par T



$$\text{Potencia (w)} = \text{Par (m}\cdot\text{N)} \cdot \text{Velocidad Angular (rad/s)}$$

## Variación de velocidad: ventajas

---

- La red no ve la carga inductiva de los motores.
- Ahorro en mantenimiento por funcionar las máquinas a menor velocidad.
- Mayor vida de las máquinas por funcionar a menor régimen.
- Ahorro en potencia activa.

# Variación de velocidad

**SIEMENS**

## SinaSave : Software de cálculo de ahorro energético

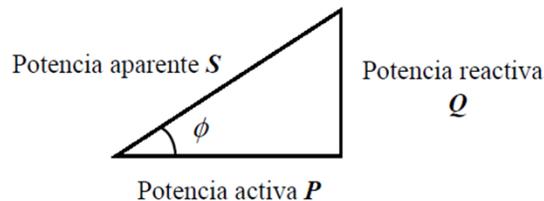
Mediante SinaSave, se puede determinar el potencial de ahorro energético con accionamientos SINAMICS y Motores de Alta Eficiencia

- Calcular el potencial de ahorro con accionamientos SINAMICS y MOTORES de alta eficiencia, con detalles de aplicación y de proceso.
- Genera el Periodo de Retorno de los accionamientos seleccionados.
- Disponible en 10 idiomas y ajuste de unidades internacionales.
- Aplicación disponible en la WEB:

[www.siemens.com/sinasave](http://www.siemens.com/sinasave)



# Compensación de reactiva



$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

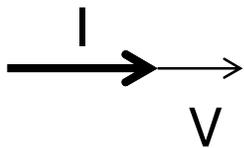
$P$  (W).- La potencia que transforma la energía eléctrica en trabajo .

$Q$  (Var).- La potencia *reactiva* es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos como los motores y transformadores.

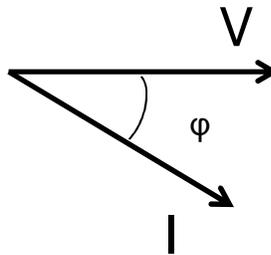
$S$  (VA).- La potencia *aparente* es la suma geométrica de las potencias efectiva y reactiva.

$$P^2 + Q^2 = S^2$$

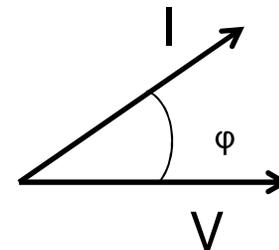
## Dependiendo del tipo de carga, el factor de potencia puede ser:



Cargas Resistivas: lámparas incandescentes



Cargas inductivas: motores y transformadores



Cargas capacitivas: condensadores

# Compensación de reactiva

---

## Problemas técnicos:

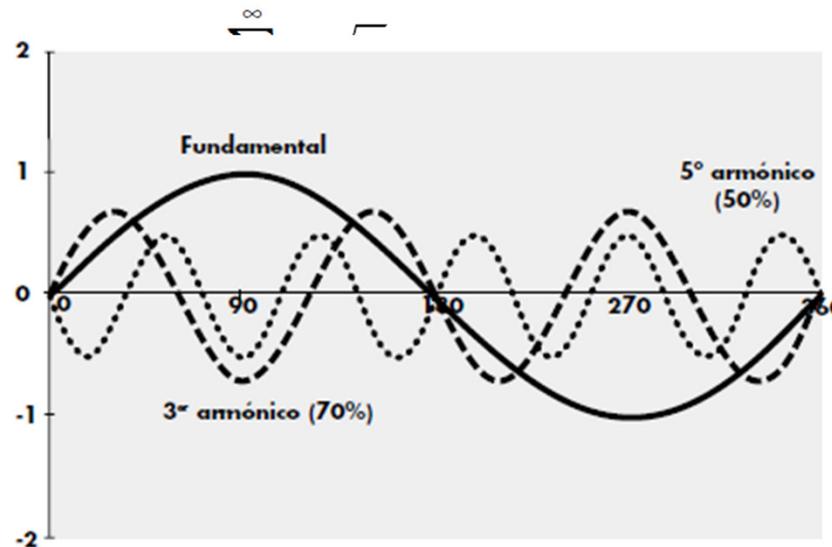
- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas en conductores por efecto Joule ( $P = R \cdot I^2$ )
  - ▶ Calentamiento de conductores, acelerando el deterioro de los aislamientos reduciendo la vida útil de los mismos y pudiendo ocasionar cortocircuitos.
  - ▶ Calentamiento en los bobinados de los transformadores.
  - ▶ Disparo de las protecciones sin causa aparente.
- Sobrecarga de transformadores .
- Incremento de las caídas de tensión al aumentar la intensidad
- Disminución de la vida útil de instalaciones.

## Problemas económicos:

- Incremento del coste eléctrico por mayor consumo de corriente.
- Recargos en la factura eléctrica.

# Armónicos

Son frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental de trabajo y cuya amplitud va decreciendo conforme aumenta el múltiplo. En el caso de sistemas alimentados por la red de 50 Hz, pueden aparecer armónicos de 100, 150, 200 ... Hz



## Equipos que generan armónicos:

- Fuentes de alimentación de funcionamiento conmutadas
- Estabilizadores electrónicos de dispositivos de iluminación fluorescente
- Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS)
- Motores eléctricos.

# Armónicos

---

## **Problemas producidos por los armónicos:**

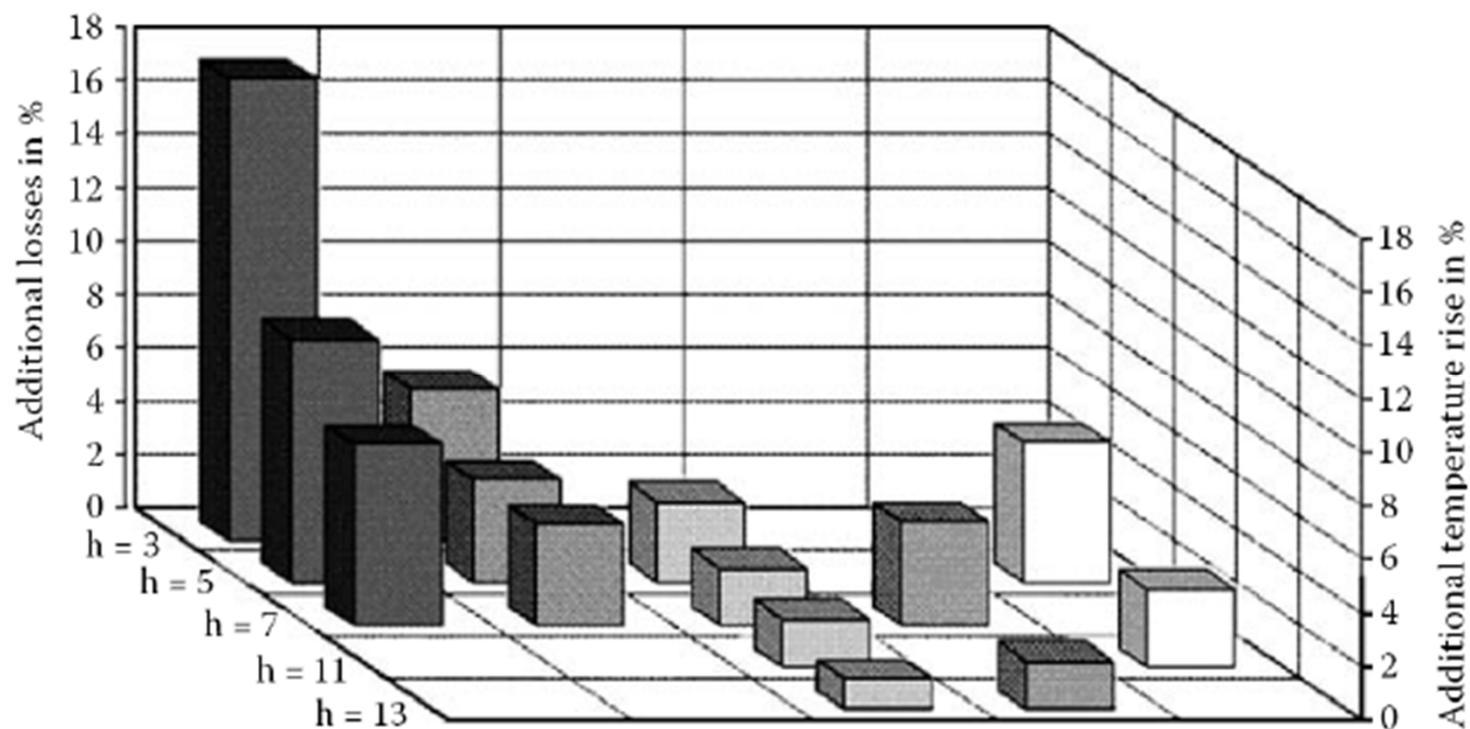
- Sobrecarga de los conductores neutros (3er. Armónico).
- Sobrecalentamiento de los transformadores por las pérdidas que producen las corrientes parásitas.
- Sobrecalentamiento en cables y motores.
- Debilitamiento de aislamientos.
- Disparos intempestivos de los interruptores diferenciales.
- Sobrecarga de los condensadores de compensación del factor de potencia.
- Ruido y daños en circuitos electrónicos.
- Alteraciones en la forma de onda.
- Fallos en relés.
- Fallos de autómatas.

## **Métodos para reducir los armónicos:**

- Filtros pasivos diseñados para armónicos concretos.
- Filtros activos que están basados en un generador de corriente que produce los mismos armónicos contrarios.
- Transformadores de aislamiento.

# Armónicos

## Pérdidas en máquinas rotativas



Fuente: Schneider Electric

## Iluminación: Fuentes

---

La sección **HE-3 del Código Técnico de la Edificación** establece como exigencia básica que los edificios, tanto los nuevos como los que se reformen, dispongan de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente.

# Iluminación: Conceptos

---

**Flujo luminoso:** Cantidad de luz que radia una fuente de luz en todas las direcciones que es capaz de ver el ojo humano (400..700 nm).

*Símbolo:*  $\Phi$  *Unidad:* lumen (lm)

**Intensidad luminosa:** de una fuente de luz es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido (en una dirección determinada).

*Símbolo:* I *Unidades:* candela (cd)

**Iluminancia:** Es el flujo luminoso que recibe una superficie por unidad de área

*Símbolo:*  $E = \Phi/S$  *Unidades:* lux (lx)

**Rendimiento luminoso:** Relación entre el flujo luminoso que emite una fuente y la potencia eléctrica que consume

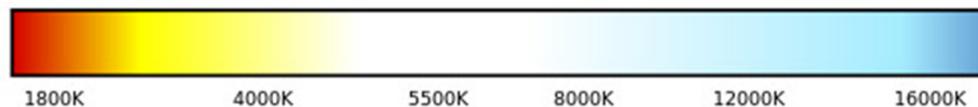
*Símbolo:*  $\eta = \Phi/W$  *Unidades:* lm/W

**Índice de reproducción cromática:** se refiere al aspecto del color que presentan las superficies iluminadas.

Este índice se expresa en unidades RA y se cuantifica entre 0 y 100, correspondiendo el índice 100 a una reproducción de colores perfecta.

**Temperatura de color:** podría definirse **como la sensación que percibe el ojo humano ante una luz**, siendo cálida si predomina el color ámbar o fría si predomina el azul.

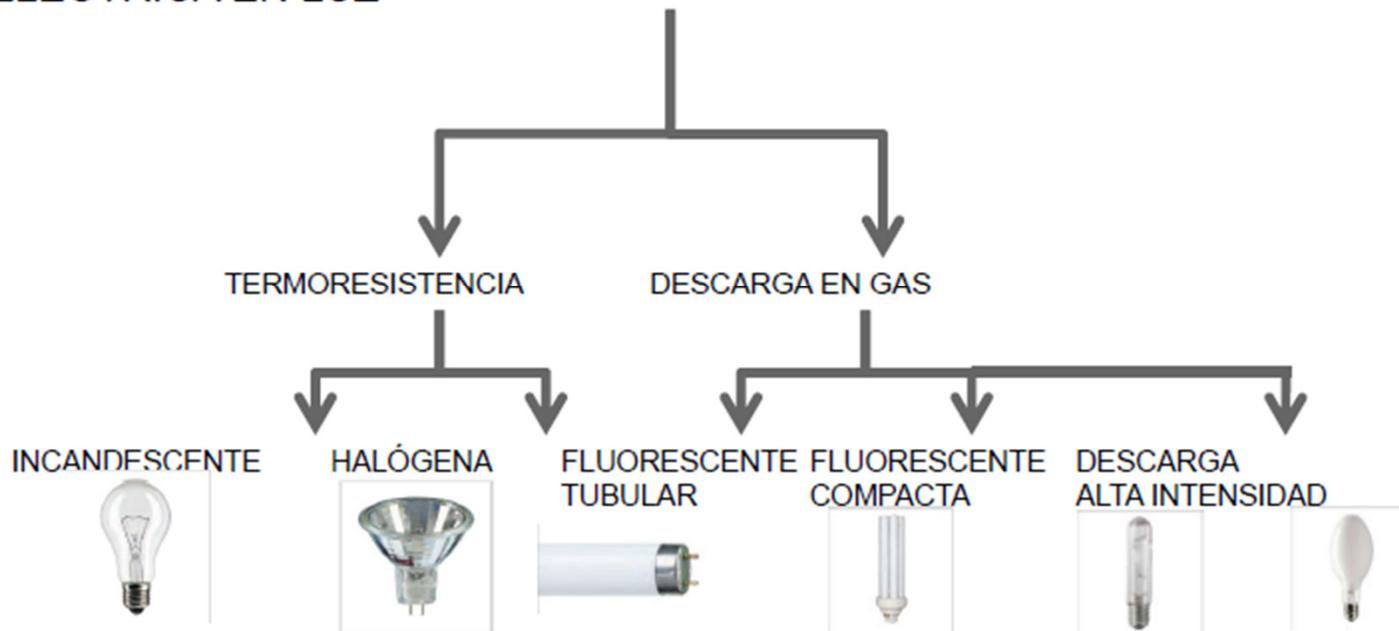
Se expresa en **kelvin**, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura.



# Iluminación: Fuentes

---

CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPO DE TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LUZ



# Iluminación: Tipos de lámparas

Tipo de lámpara	Imagen	Índice de reproducción cromática (0-100)	Vida útil (horas)	Eficacia luminosa (lm/W)	Equipo auxiliar	Observaciones	Coste
Incandescente		100	1.000	9-17	-	Evitar	Reducido
Fluorescente		60-95	8.000-12.000	65-100	Arrancador, balasto y condensador	El balasto electrónico reduce su consumo en un 25%	Reducido
Fluorescente compacta		85	8.000-12.000	45-70	Equipo electrónico incorporado	Retardo en encendido. Las integradas sustituyen directamente a las incandescentes	Medio
Halógena		>90	2.000	15-27	-	Encendido instantáneo. Elevada intensidad luminosa. Corta duración de la lámpara y reducida eficacia luminosa.	Medio
Halógena de bajo consumo		>90	2.000-3.000	18-25	Transformador	Ahorro de un 30% en consumo energético. Mayor vida luminarias y menor calentamiento del ambiente.	Medio

Fuente: Manual de Eficiencia Energética GNF

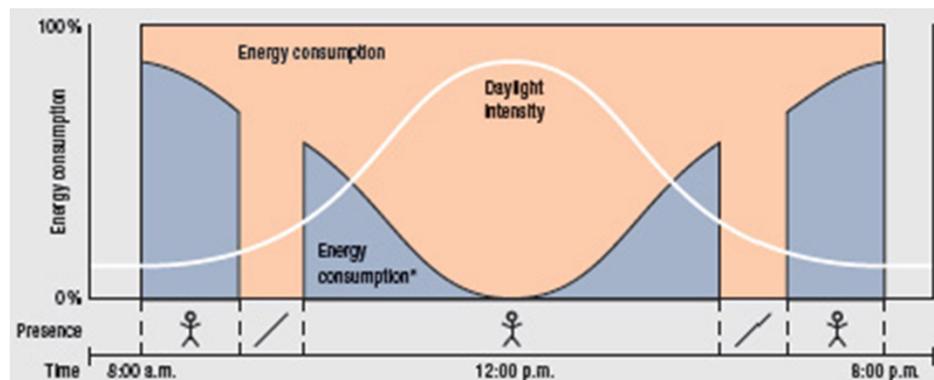
# Iluminación: Lámparas mas utilizadas en la industria

Tipo de lámpara	Imagen	Índice de reproducción cromática (0-100)	Vida útil (horas)	Eficacia luminosa (lm/W)	Equipo auxiliar	Observaciones	Coste
Fluorescente		60-95	8.000-12.000	65-100	Arrancador, balasto y condensador	El balasto electrónico reduce su consumo en un 25%	Reducido
Vapor de mercurio		50-60	12.000-16.000	30-60	Balasto y condensador	Retardo en encendido. Aplicación en naves de gran altura	Medio
Vapor de sodio alta presión		20-80	10.000-25.000	50-150	Arrancador, balasto y condensador	Retardo en encendido. Aplicación en naves de gran altura con poca exigencia visual y exteriores	Alto
Halogenuros metálicos		60-85	6.000-15.000	75-95	Arrancador, balasto y condensador	Retardo en encendido. Aplicación en naves con exigencias visuales moderadas o altas	Alto

Fuente: Manual de Eficiencia Energética GNF

# Iluminación: Sistemas de control y gestión

- **Programadores horarios.**
- **Interruptores temporizados.**- Cierran el circuito durante un tiempo determinado.
- **Detectores de presencia.**- Sirven para conectar o desconectar el alumbrado de un local en respuesta a la presencia o ausencia de ocupantes en el mismo. Se activan mediante célula fotoeléctrica interior que detecta variación brusca de luz (movimiento) o sensor de infrarrojos que detecta una temperatura corporal.
- **Reguladores de luz.**



La luz natural disponible en una habitación es complementada por luz artificial proporcionada por luminarias equipadas con equipos electrónicos regulables. Los grupos de luminarias son controlados de acuerdo con los niveles de iluminación prefijados previamente en el sensor manteniendo este nivel con el aporte de luz artificial en función de la luz natural

## Iluminación: Otras medidas de ahorro en iluminación

---

- **Proceder a la sectorización.** Separando por interruptores las zonas de iluminación indirecta de la directa. Un simple interruptor manual es una poderosa herramienta para ahorrar energía.
- Realización de un **plan escrito** de sustitución y mantenimiento de lámparas.
- Crear un **procedimiento de apagado** de la iluminación del edificio que se ajuste a los horarios de desocupación.
- Convendría la **realización de programas de divulgación**, difusión y concienciación de la plantilla, trabajadores de limpieza, seguridad, subcontratas, visitantes, etc.

# Iluminación: LED

---

Las siglas de LED son el acrónimo de Light Emitting Diode (diodo de emisión de luz).

Es un dispositivo electrónico semiconductor fabricado de dos materiales conductores diferentes que permiten circular la corriente en una sola dirección. Éste paso de corriente libera energía que en el caso de los led se encuentra dentro del espectro visible de luz.



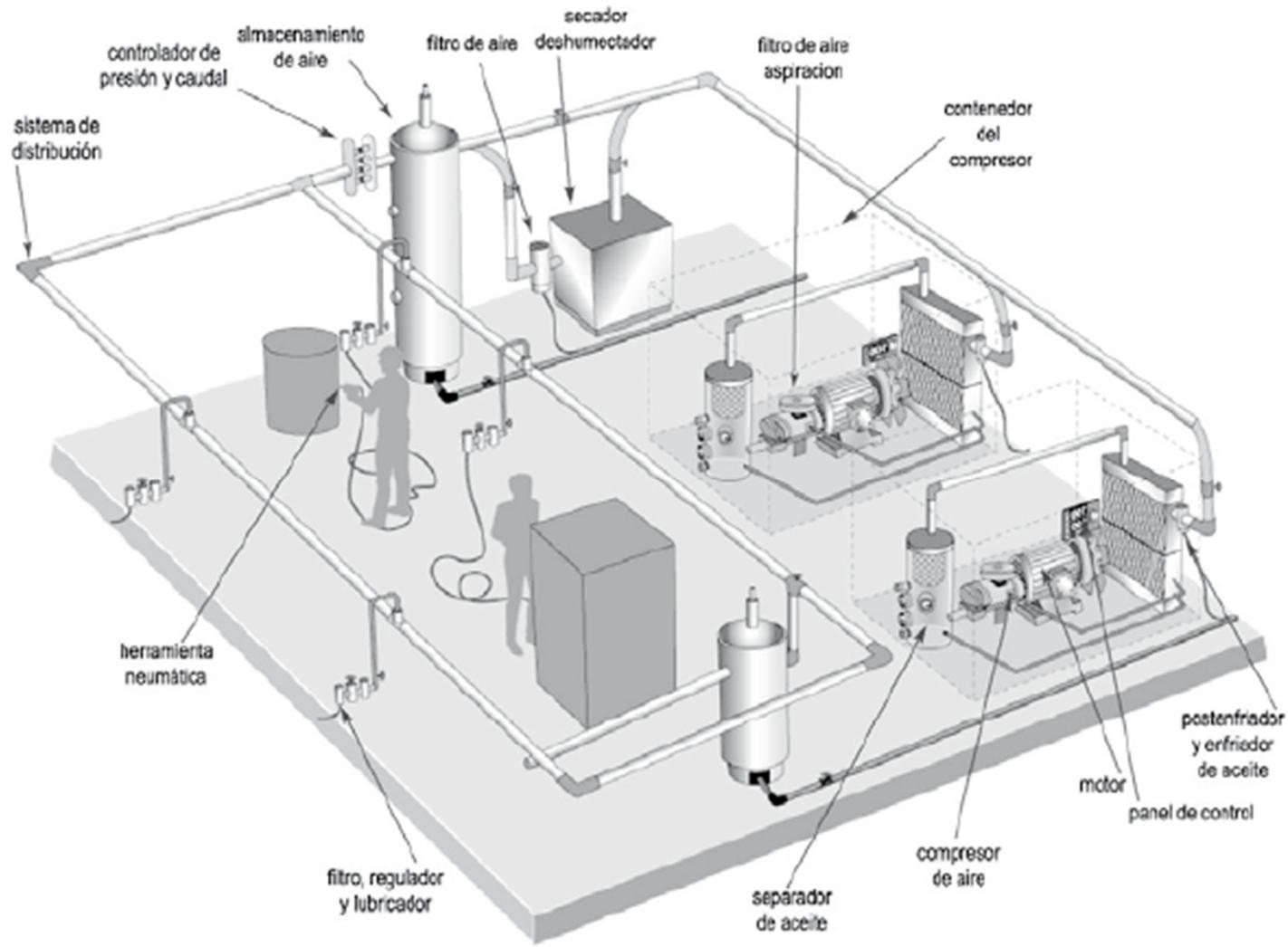
- Eficacia: Muy elevada, entorno a 90 lm/W
- Vida útil: Larga (100.000 -50.000 h)
- Disminución de costes de O&M
- Color: Amplia gama de colores
- IRC: Alto RA = 80
- Permite encendidos frecuentes
- Mejor funcionamiento a bajas temperaturas

## Calefacción, aire acondicionado y ventilación

---

- Los gastos de calefacción, acondicionamiento de aire y ventilación representan una proporción significativa del dinero que las empresas gastan en energía. La calefacción puede llegar a representar una parte muy importante de la energía consumida, ya que, dependiendo del tipo de energía utilizada, puede significar más del 50% de los costes energéticos totales.
- En algunas industrias, principalmente las electrointensivas, con grandes potencias instaladas, la potencia instalada en aire acondicionado puede ser muy significativa y por tanto suele existir un potencial de ahorro importante

# Esquema de red aire comprimido



## Aire comprimido

---

- El caudal Q y el aumento de presión dependen del diseño del equipo y de las condiciones de operación, en particular de la velocidad de rotación.
- La demanda de potencia puede reducirse mediante la reducción del caudal o la diferencia de presiones.

$$PN = Q \times (P2 - P1)$$

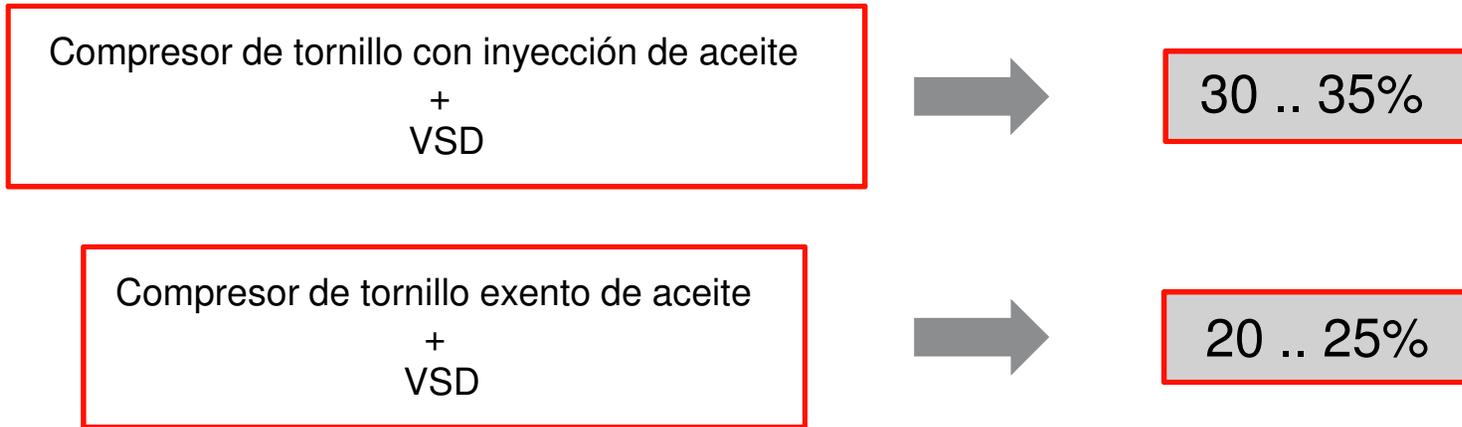
- Las fugas en aire comprimido suponen unas pérdidas de entre el 20 y el 25% de la potencia del compresor.
- El volumen de pérdidas aumenta con la presión y las horas de operación del sistema.
- Las caídas de presión son proporcionales a la longitud de las líneas y al cuadrado de la velocidad frontal del gas que se mueve dentro de ellas.

$$V = Q / A = 4 Q / d^2$$

# Aire comprimido

---

## Ahorro por el uso de un variador de velocidad

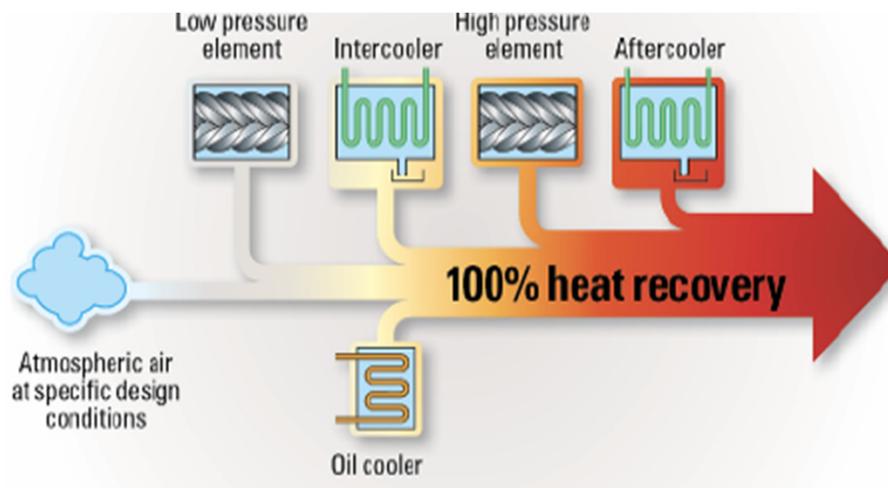


## Accesorios para ahorros energéticos

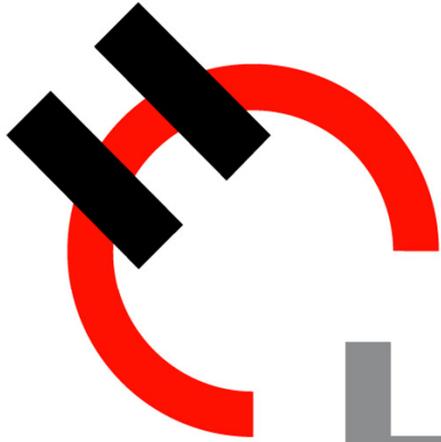


## Aire comprimido: Recuperación de energía

- El funcionamiento termodinámico de un compresor es muy ineficiente. El 94% de la energía se transforma en calor recuperable y el 6% en energía de presión.
- Recuperación de calor de todos los componentes obteniendo agua caliente a 80º



- ACS
- Calefacción
- Alimentación calderas
- Vapor



Holcim