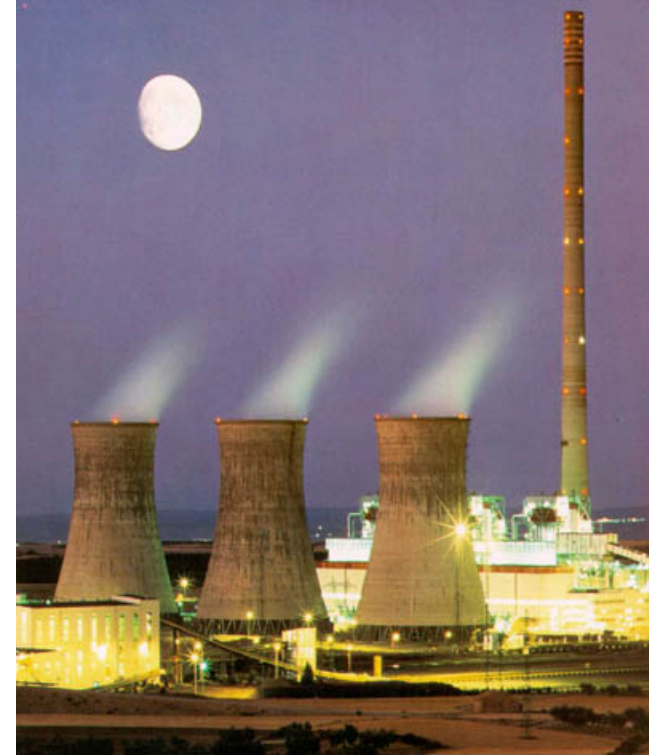


# Centrales térmicas



José Manuel Arroyo Sánchez

Área de Ingeniería Eléctrica  
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Automática y Comunicaciones  
Universidad de Castilla – La Mancha

# Contenidos

- Centrales térmicas convencionales
  - Elementos
  - Esquema de funcionamiento
- Centrales térmicas especiales
  - Con turbina de gas
  - Ciclo combinado
  - Con motor diesel

# Centrales térmicas convencionales

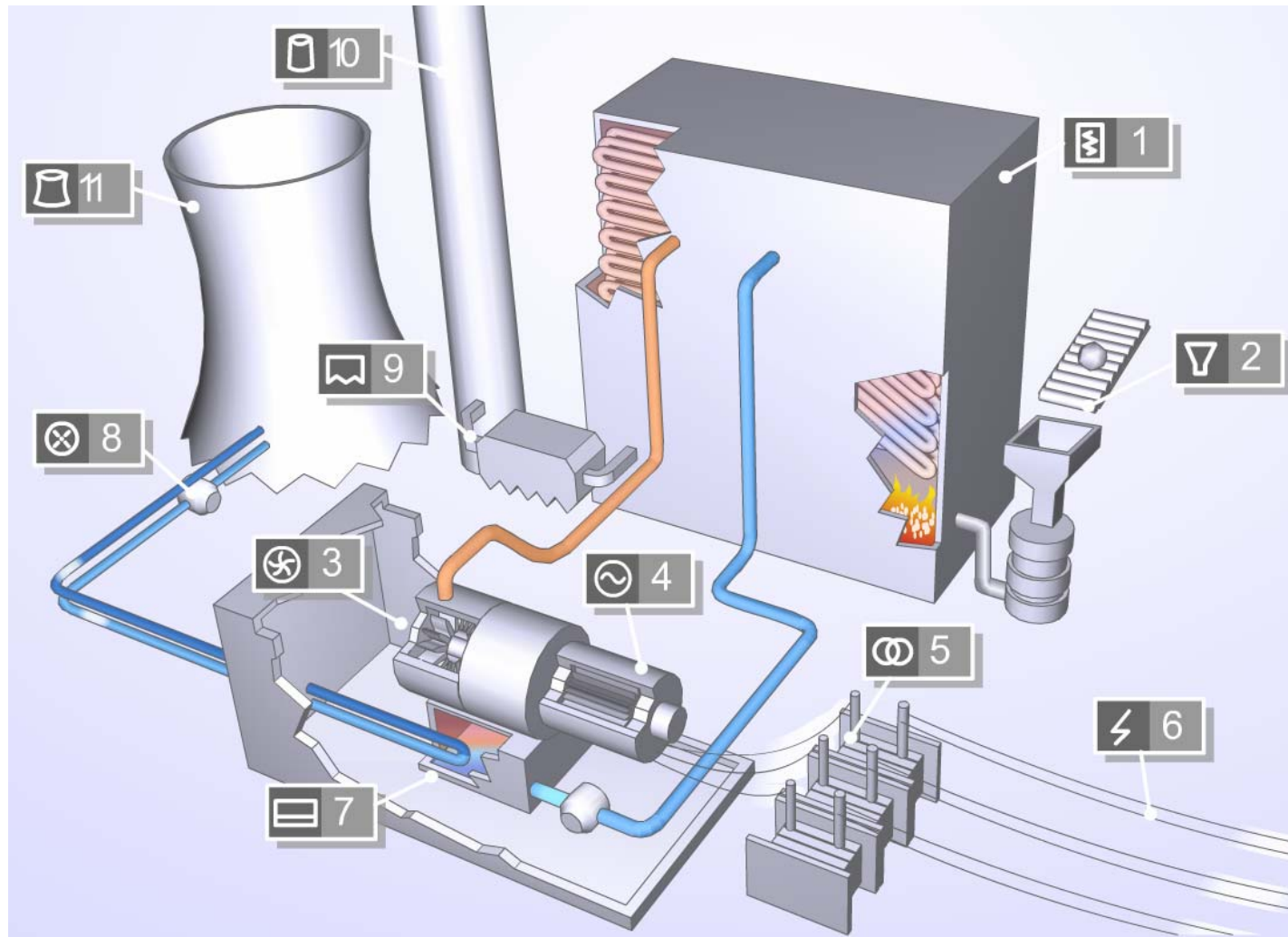
## Principio de funcionamiento

Conversión energética química-térmica-mecánica-eléctrica:

- El combustible (carbón, fuel, gas) se quema en la caldera  $\Rightarrow$  Vapor de agua
- Turbina de vapor  $\Rightarrow$  Energía mecánica a partir del vapor a alta presión (expansión adiabática)
- Generador  $\Rightarrow$  Conversión energía mecánica en eléctrica

# Centrales térmicas convencionales

## Esquema



# Centrales térmicas convencionales

## Componentes

### 1. Caldera:

- Se quema combustible  $\Rightarrow$  Conversión energía química a térmica  $\Rightarrow$  Calor
- Agua  $\Rightarrow$  Vapor a altas temperatura y presión (alrededor de 540 °C y 170 bar)
- Gases de combustión a atmósfera  $\Rightarrow$  Equipos de reducción de emisiones

# Centrales térmicas convencionales

## Componentes

### 1. Caldera:

- Generador de vapor
- Alimentador de agua a la caldera
- Depurador del agua de alimentación

# Centrales térmicas convencionales

↑↑ rendimiento de la caldera

- Precalentadores
  - Precalienta el aire de combustión con vapor
  - Precalienta el agua con el aire de combustión
- Economizador  $\Rightarrow$  Precalienta el agua con gases de combustión
- Sobrecalentador o recalentador primario  $\Rightarrow$  Deja el vapor sin humedad

# Centrales térmicas convencionales

## Componentes

2. Parque de almacenamiento de combustible  $\Rightarrow$  descarga y alimentación

- Sólido (carbón)
- Líquido (fuel-oil)
- Gaseoso (gas natural)



# Centrales térmicas convencionales

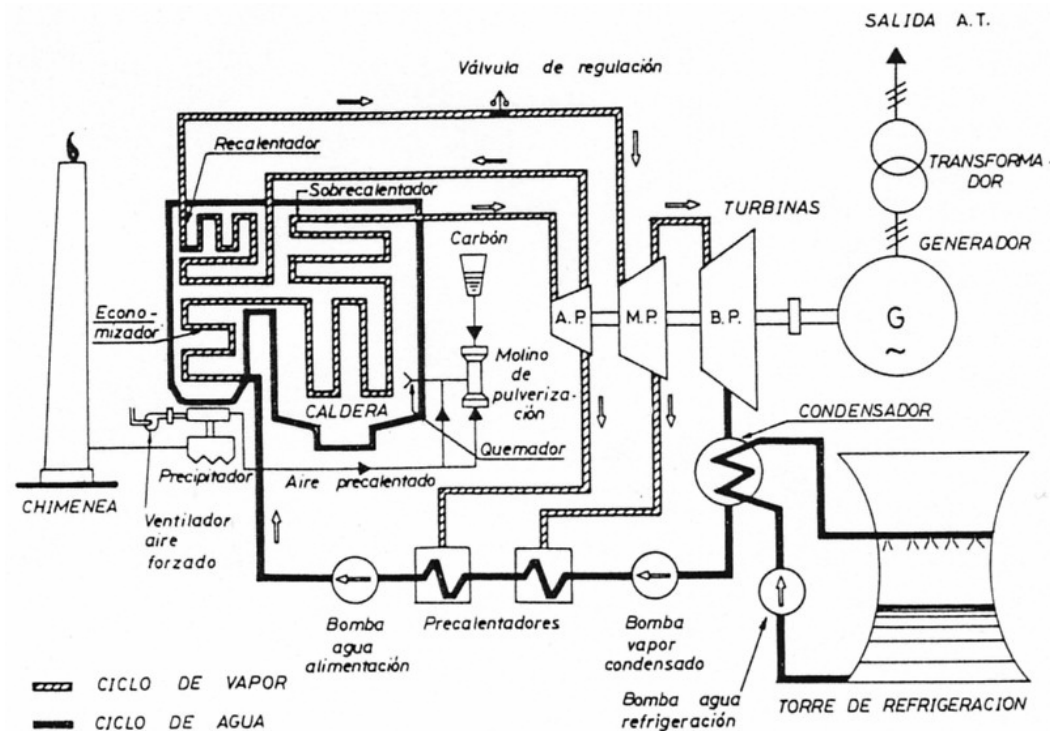
## Componentes

### 3. Turbina de vapor:

- Ciclo de Rankine  $\Rightarrow$  Diferencia de entalpía  
 $\Rightarrow$  Movimiento de álabes  $\Rightarrow$  Giro de turbina  
 $\Rightarrow$  Energía mecánica de rotación
- Acoplada al eje del generador
- $\uparrow$  rendimiento  $\Rightarrow$  Grupos de alta, media y baja presión

# Centrales térmicas convencionales

## Grupos de alta, media y baja presión



- Recalentador (recalentador secundario)  $\Rightarrow$  Calienta parte del vapor de salida de la turbina de alta presión

# Centrales térmicas convencionales

## Componentes

### 4. Alternador:

- Conversión de energía mecánica de rotación en energía eléctrica
  - 2 polos  $\Rightarrow$  3000 rpm
  - Diámetro pequeño, gran longitud axial
- Alojado en el edificio de turbinas junto con la turbina y el condensador

# Centrales térmicas convencionales

## Componentes

5. Transformador  $\Rightarrow$   $\uparrow$  Tensión (de 6-20 kV a 132, 220, 400 kV)

6. Red de transporte

7. Condensador

- Transforma vapor de agua en agua líquida (incorporación al ciclo)
- Agua (mar, río) o circuito cerrado refrigerado por aire (torre de refrigeración)

# Centrales térmicas convencionales

## Componentes

8. Bomba  $\Rightarrow$  Circulación agua de refrigeración

9. Equipo de reducción de emisiones

- Captación de contaminantes de gases de combustión
- Precipitadores electrostáticos (uso de campos eléctricos,  $\eta = 99\%$ ), plantas de desulfuración ( $\text{SO}_x \rightarrow \text{yeso}$ )

# Centrales térmicas convencionales

## Componentes

10. Chimenea  $\Rightarrow$  Envío de gases ( $\text{CO}_2$ ) a atmósfera

11. Torre de refrigeración  $\Rightarrow$  Enfría el agua del circuito de refrigeración

- Aire recorre interior en sentido ascendente
- Agua cae en forma de gotas

# Centrales térmicas convencionales

## Otros componentes

- Departamento eléctrico
  - Cuadros de maniobra y medidas
  - Subestación transformadora elevadora
- Edificio de servicios auxiliares
  - Parque de transformadores de servicios auxiliares
  - Aparamenta de media y baja tensión

# Centrales térmicas convencionales

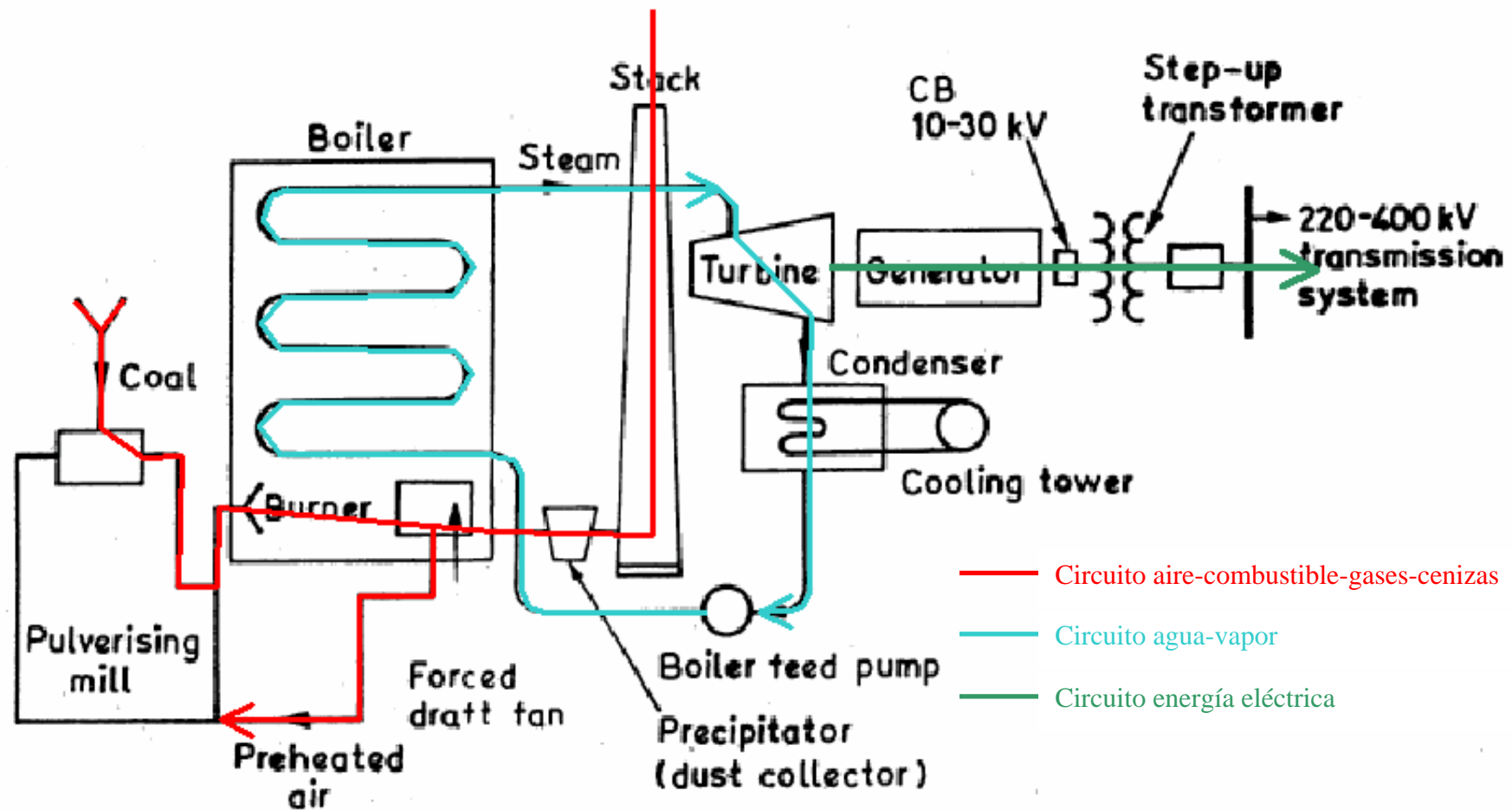
## Circuitos

- Circuito aire-combustible-gases-cenizas
- Circuito agua-vapor
- Circuito agua de refrigeración
- Circuitos eléctricos
- Circuitos auxiliares (tratamiento del agua, circuitos de mando)



# Centrales térmicas convencionales

## Circuitos



# Centrales térmicas convencionales

## Tecnología de lecho fluidizado

- Combustión del carbón en lecho compuesto de:
  - Partículas de carbón
  - Cenizas de carbón
  - Absorbente alcalino (caliza) suspendido por una corriente ascendente de aire
- ↑ superficie de contacto aire-partículas reaccionantes  $\Rightarrow$  ↑ rendimiento de combustión

# Centrales térmicas convencionales

## Inconvenientes

- Dependencia del poder calorífico del combustible  $\Rightarrow$  Poco eficientes (45%)
- Rigidez en su conexión y desconexión
- Humos: desulfurizador de humos
- Partículas sólidas  $\Rightarrow$  Precipitador electrostático
- Residuos  $\Rightarrow$  Tecnología de lecho fluidizado
- $\uparrow\uparrow$  consumo propio de energía (6-8%)

# Centrales térmicas convencionales



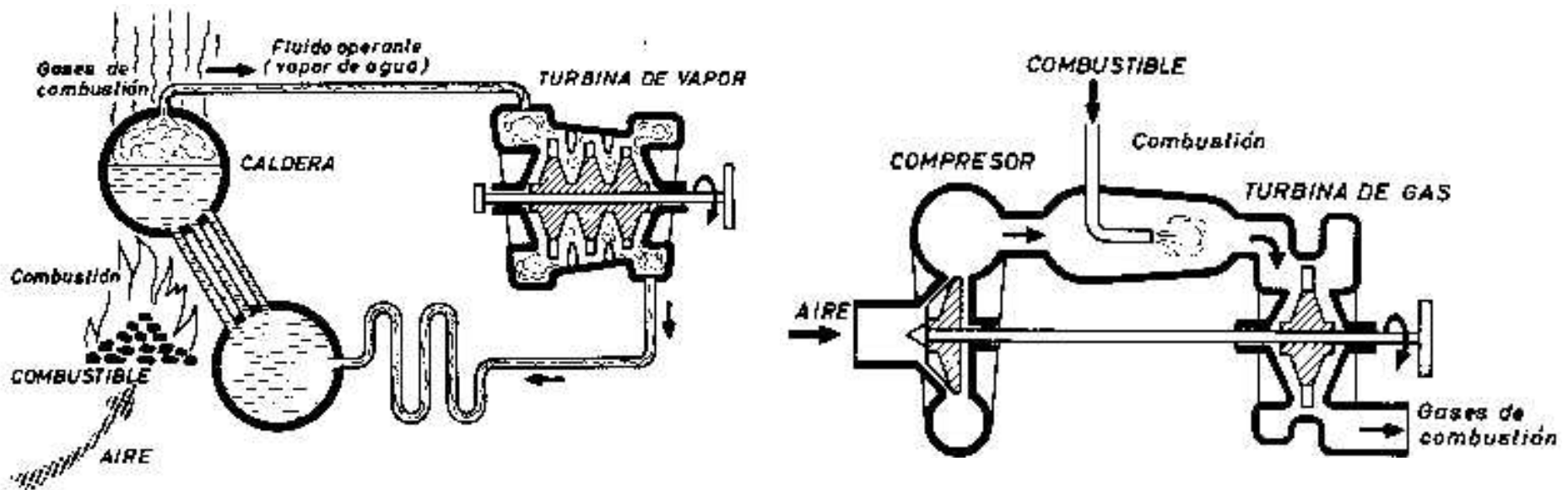
# Centrales térmicas especiales

## Centrales con turbina de gas

- Compresor  $\Rightarrow$  Aspira y comprime aire  $\Rightarrow$  Inyección a cámara de combustión
- Se quema combustible  $\Rightarrow$  Chorro de gases calientes ( $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a alta presión (30 bar)  $\Rightarrow$  Movimiento turbina de gas (ciclo Brayton)  $\Rightarrow$  Alternador gira
- Combustible líquido, gaseoso (gas natural) e incluso sólido (carbón pulverizado)
- $\uparrow$  costes de operación,  $\downarrow$  costes de inversión

# Centrales térmicas especiales

## Turbina de gas vs. turbina de vapor



- Cámara de combustión sustituye a caldera
- Turbina accionada por gases de combustión en lugar de vapor

# Centrales térmicas especiales

## Turbina de gas vs. turbina de vapor

- Mecánicamente más sencilla que la de vapor
- Menor contaminación
- No requiere un motor eléctrico o de combustión interna para el arranque
- Apenas consume agua de refrigeración
- Tiempo de arranque  $\leq 50$  segundos
- Puesta en marcha en 15-20 segundos tras arranque

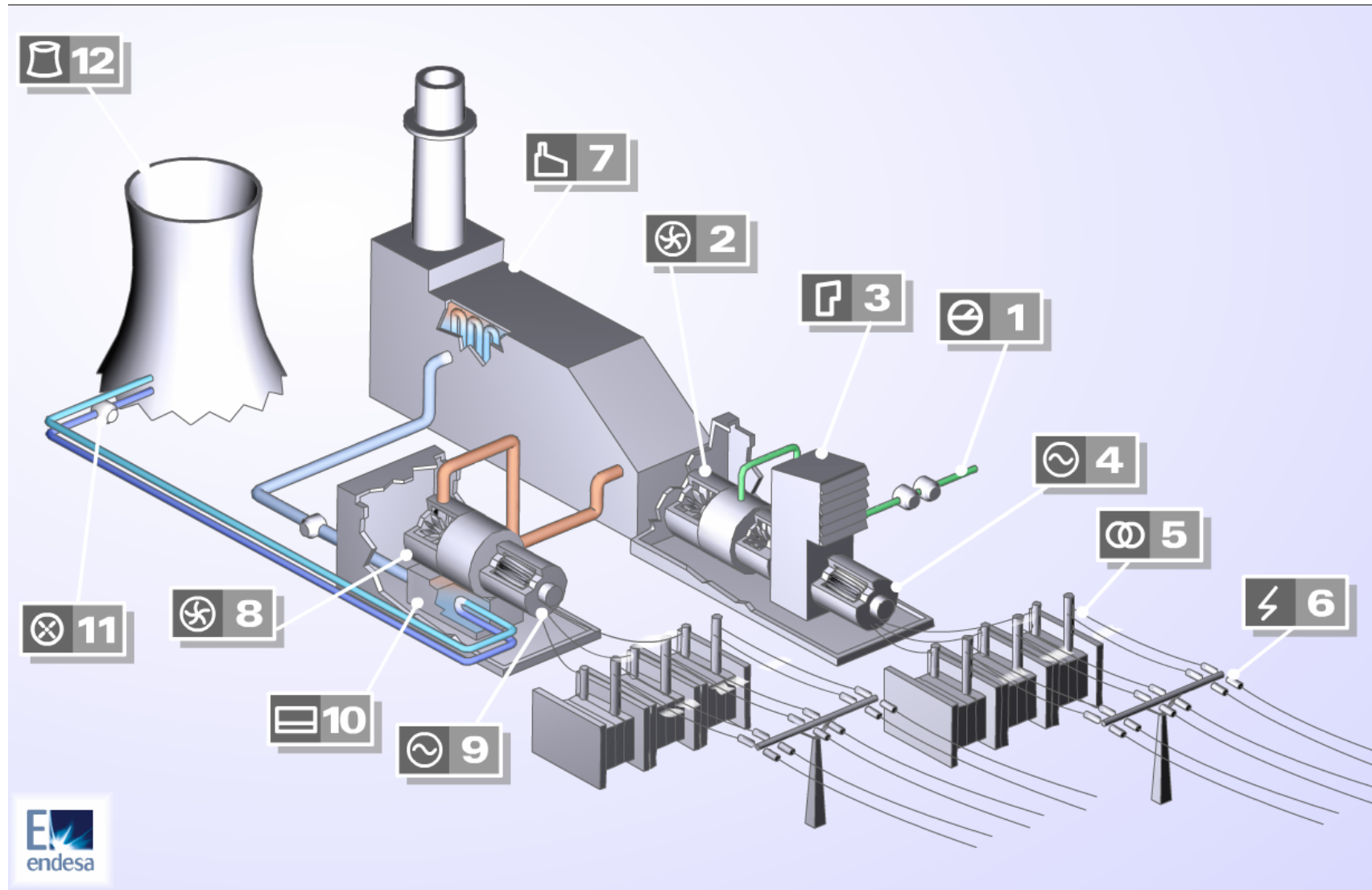
# Centrales térmicas especiales

## Centrales de ciclo combinado

- Ciclo de turbina de gas y ciclo de turbina de vapor
- Gases de salida de la turbina de gas  $\Rightarrow$  Producción de vapor de agua  $\Rightarrow$  Turbina de vapor
- Puede haber 1 ó 2 generadores



# Centrales térmicas especiales



# Centrales térmicas especiales

1. Estación de Regulación y Medida (ERM)
  - Purificación del gas y medida de cantidad y calidad (poder calorífico)
  - Regulación de presión (30-45 atmósferas)
2. Turbina de gas
  - Combustión de gas natural  $\Rightarrow$  Movimiento de álabes de turbina  $\Rightarrow$  Giro de alternador
  - Gases de escape (650 °C, presión atmosférica)

# Centrales térmicas especiales

## 3. Casa de filtros

- Purificación del aire aspirado por compresor

## 4. Alternador acoplado a turbina de gas

## 5. Transformador

## 6. Red eléctrica de transporte o distribución

## 7. Caldera de recuperación

- Uso energía calorífica de gases de escape

# Centrales térmicas especiales

8. Turbina de vapor

9. Alternador acoplado a turbina de vapor

10. Condensador

11. Bomba

12. Torre de refrigeración

# Centrales de ciclo combinado

## Ventajas

- ↑ rendimiento global (60%)
- Eliminación del ventilador del aire que alimenta la caldera, y del ventilador aspirante de los gases de la combustión (reemplazados por la turbina de gas)
- Arranque más rápido y ↑ gradiente de carga
- ↓ Contaminación

# Centrales de ciclo combinado

## Ventajas

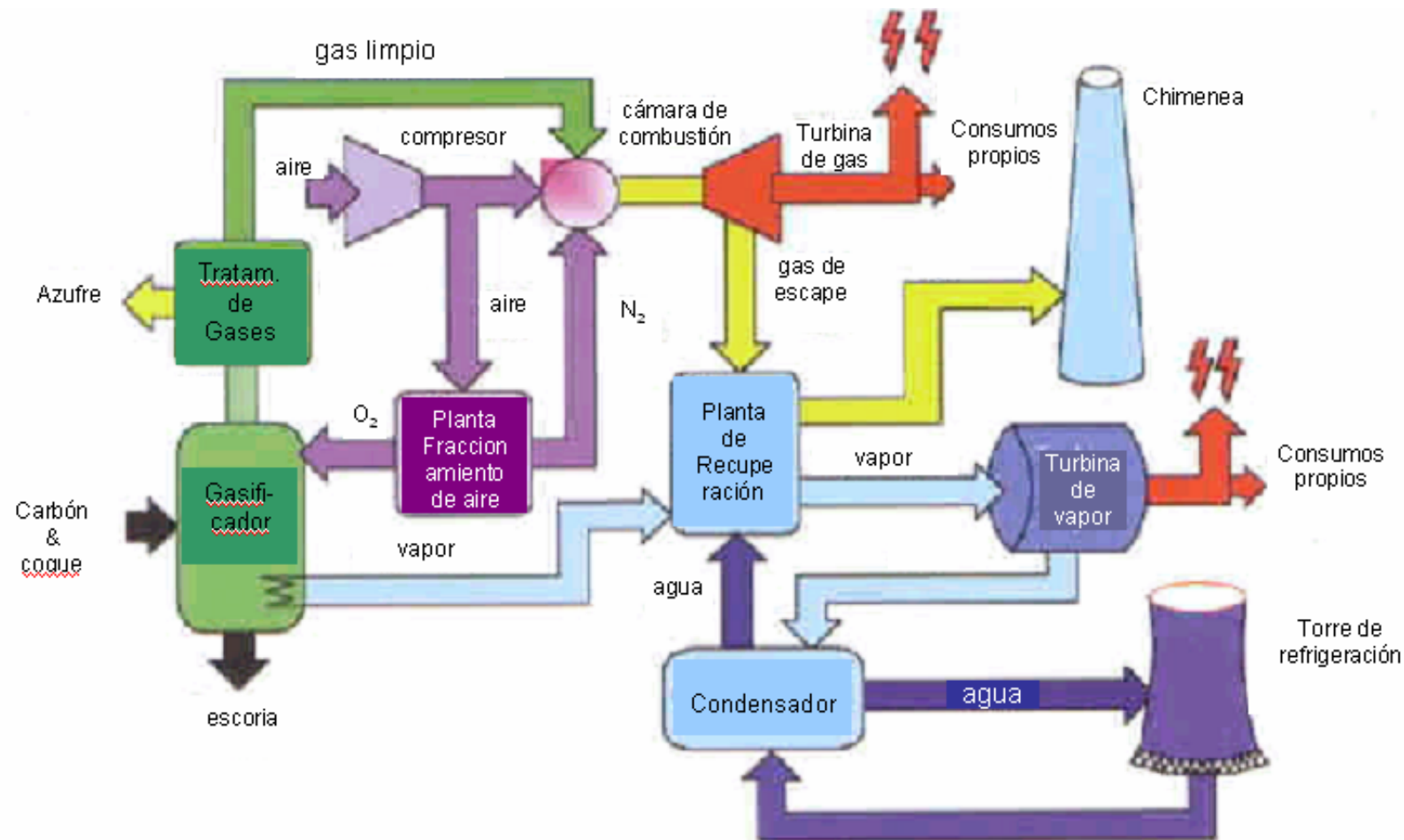
- Costes de inversión razonables
- Más flexibles, gran modularidad
- Menor tamaño y menor tiempo de construcción

# Centrales térmicas especiales ELCOGAS

- Módulo de gasificación: combustible  $\rightarrow$  gas
- Módulo de ciclo combinado
- Unidad de fraccionamiento de aire  $\Rightarrow$  Oxígeno requerido en la combustión



# Centrales térmicas especiales ELCOGAS





# Centrales térmicas especiales

## Centrales con motor diesel

- Máquina motriz: motor diesel acoplado al generador
- Centrales de media y pequeña potencia (empleadas en la industria privada)

# Centrales con motor diesel

## Ventajas

- Puesta en marcha rápida
- Rendimiento elevado  $\Rightarrow$  economía de servicio
- Seguridad y elasticidad de marcha  $\Rightarrow$  centrales de reserva o de punta
- Instalación simple
- Pequeño consumo de agua refrigerante

# Centrales con motor diesel

## Desventajas vs. turbina de gas

- ↑ Coste de adquisición
- ↓ Velocidad de funcionamiento para potencias elevadas ⇒ ↑ espacio, ↑ peso, instalación más cara
- ↑ Coste de mantenimiento

# Centrales térmicas en España

Nombre	Potencia (MW)	Primera conexión a red
Puentes	1468	1976
Compostilla II	1170	1961
Teruel	1101	1979
Castellón I	1083	1973
San Adrián	1050	1973
Santurce	919	1969
Bahía de Algeciras	753	1970