

# Nociones básicas para no perderse en la transición energética

## Generación convencional

Néstor Aparicio Marín

[aparicio@uji.es](mailto:aparicio@uji.es)

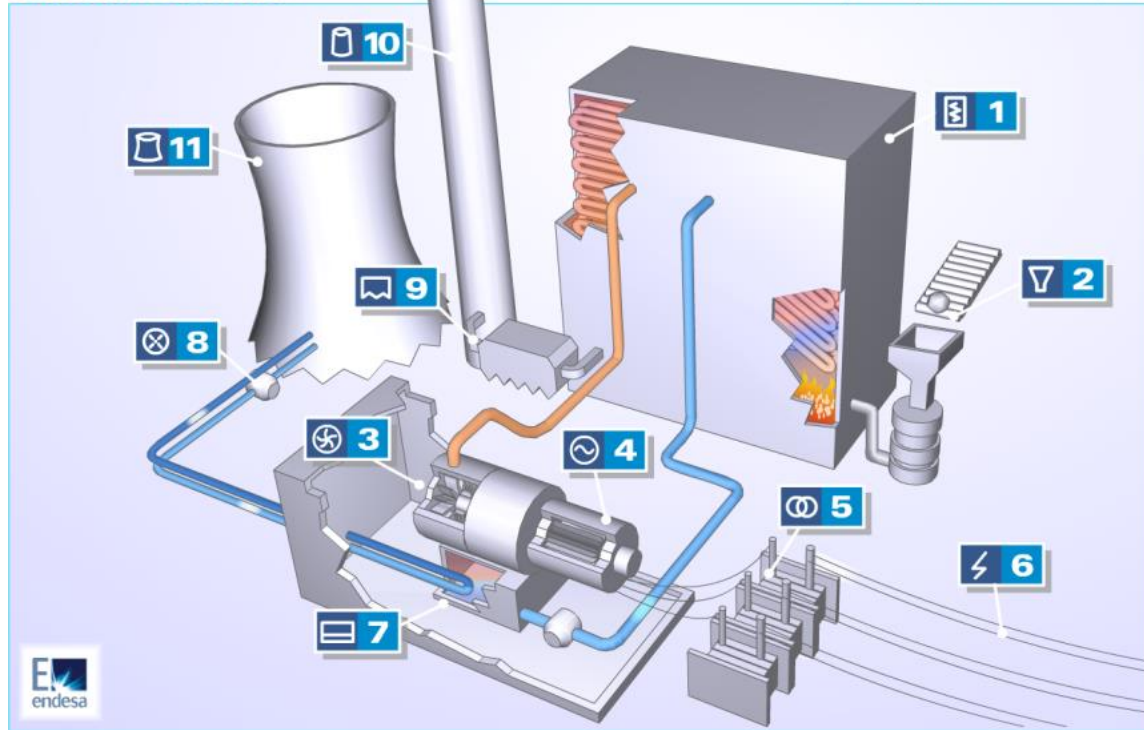
# Generación convencional

- **Térmica.** Turbinan vapor de agua a alta temperatura y presión
  - Convencional: carbón o fuel
  - Nuclear: uranio
  - Ciclo combinado: gas natural
- **Hidráulica.** Turbinan agua a presión

# Generación térmica convencional

## Central Térmica

▶ ampliar esquema ▶ reducir esquema

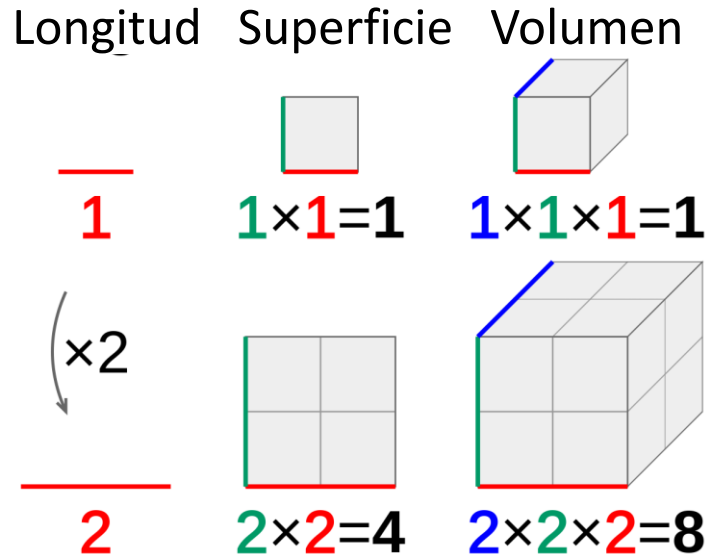


1. Caldera
2. Alimentación del combustible
3. Turbina de vapor
4. Generador eléctrico
5. Transformador
6. Línea de alta tensión
7. Condensador
8. Bomba del sistema de refrigeración
9. Filtro de los gases
10. Chimenea
11. Torre de refrigeración

# Generación térmica convencional

- Tienen a ser lo más grande posible, ya que así la caldera es más eficiente.

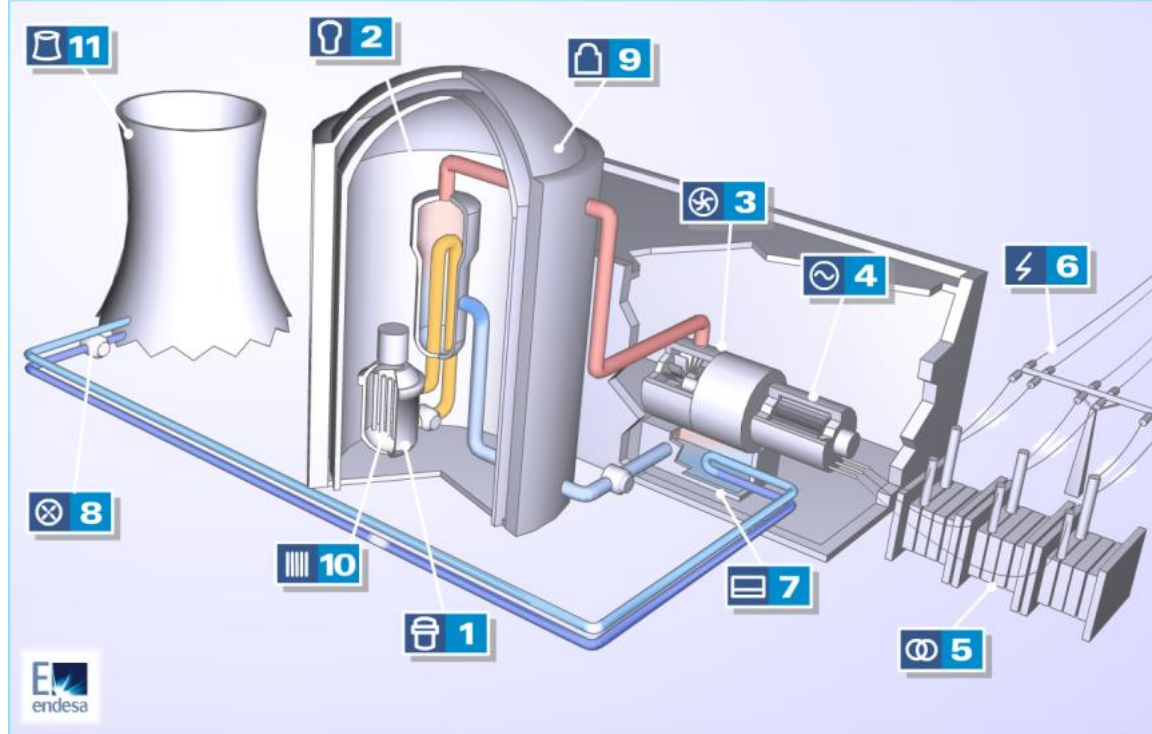
## Ley cuadrático-cúbica



# Generación nuclear

## Central Nuclear

▶ ampliar esquema ▶ reducir esquema

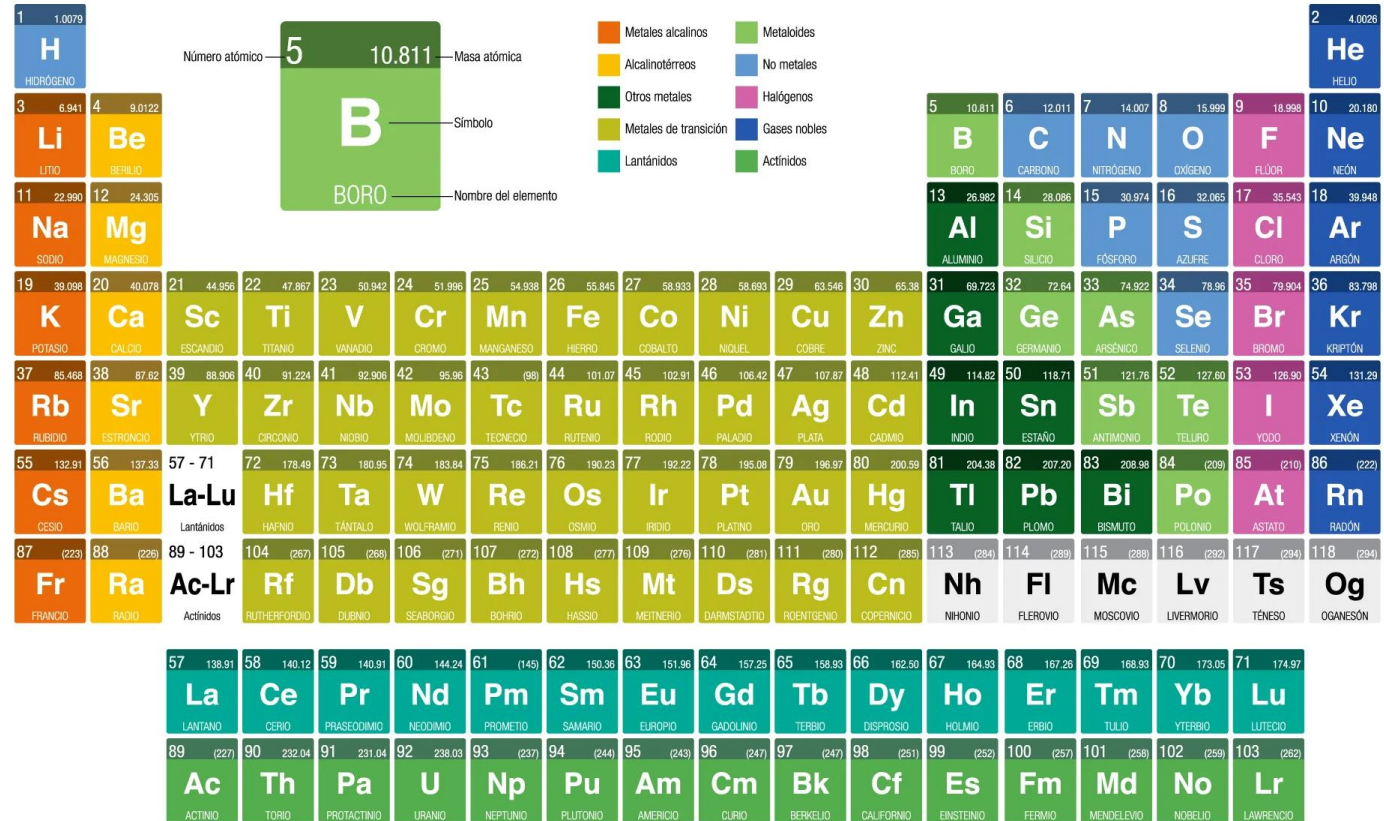


1. Reactor nuclear
2. Generador de vapor
3. Turbina de vapor
4. Generador eléctrico
5. Transformador
6. Línea de alta tensión
7. Condensador
8. Bomba del sistema de refrigeración
9. Edificio de contención
10. Barras de control
11. Torre de refrigeración



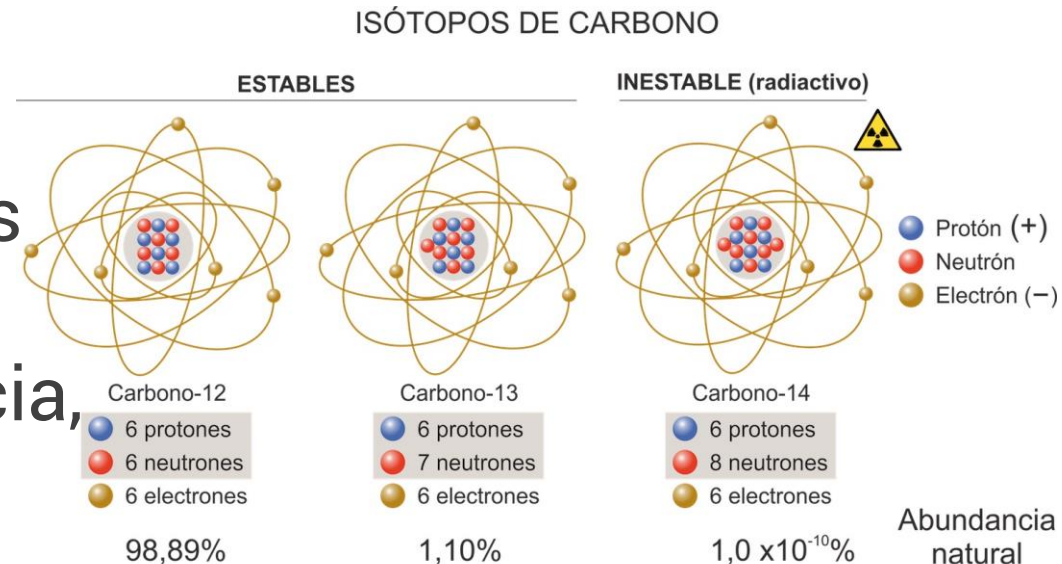
# Generación nuclear

- La tabla periódica




# Generación nuclear

- **La radiactividad.** Es un fenómeno natural, por el cual algunos elementos emiten radiaciones (alfa, beta o gamma), que tienen la propiedad de atravesar cuerpos opacos a la luz, producir fluorescencia, etc.




# Generación nuclear

- Fisión del uranio 
  - En 1938, **Lise Meitner**, junto a su sobrino **Otto Robert Frisch** y a **Otto Hann** y su estudiante de doctorado **Fritz Strassmann** descubrieron que bombardeando uranio con neutrones se lograban isótopos de bario y se generaba energía.
  - **Solo Otto Hann** logró el Premio Nobel de Química en 1944.





# Generación nuclear


- Fisión del uranio 
  - Muchas personas, incluidos científicos, consideran la exclusión de Meitner como injusta: Albert Einstein, alemán la elogió como «nuestra Marie Curie».
  - Según el archivo del Premio Nobel, fue nominada 19 veces al Premio Nobel de Química entre 1924 y 1948, y 29 veces al Premio Nobel de Física entre 1937 y 1965.



**Lise Meitner**

(Viena, 07/11/1878 -  
Cambridge, 27/10/ 1968)

# Generación nuclear

- Fisión del uranio 
  - A pesar de no haber sido galardonada con el Premio Nobel, fue invitada a asistir a la Lindau Nobel Laureate Meeting en 1962
  - En 1997 se decidió que diera nombre al elemento químico 109, el meitnerio, cuyo símbolo es Mt.



**Lise Meitner**

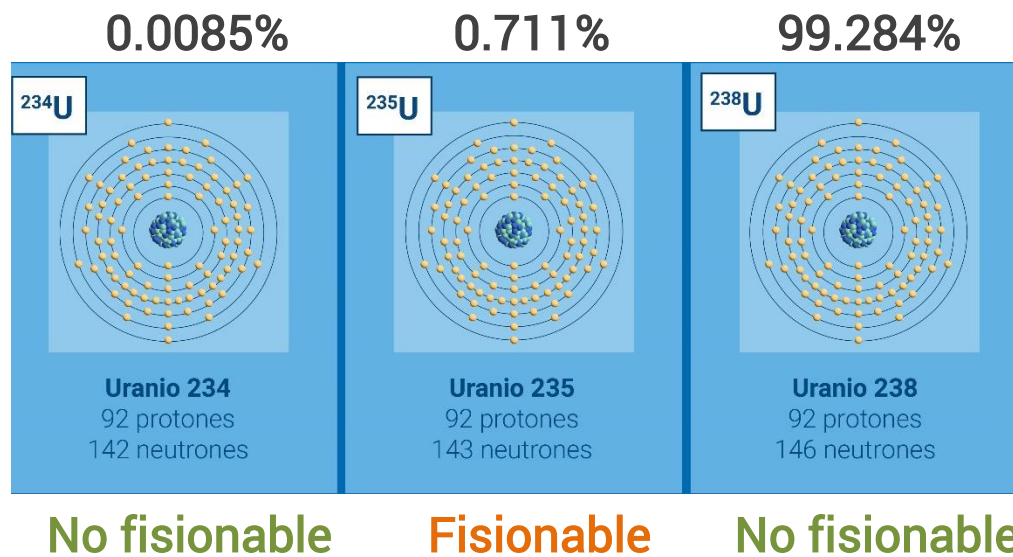
(Viena, 07/11/1878 -  
Cambridge, 27/10/ 1968)

[Lise Meitner, la madre de la energía nuclear olvidada por los premios Nobel](#)

# Generación nuclear

- Fisión del uranio

- Contenido de cada isótopo en la corteza terrestre:



# Generación nuclear

- Enriquecimiento del uranio

Extracción del uranio



→ Conversión a UF<sub>6</sub>



→ Centrifugado y conversión en UO<sub>2</sub>



→ Compresión a alta temperatura



Año	Producción minera mundial de uranio										*: estimado	
	Kazajistán	Canadá	Namibia	Australia	Uzbekistán (*)	Rusia	Níger	China (*)	India (*)	Sudáfrica (*)	Ucrania	EEUU
2020	19477	3885	5413	6203	3500	2846	2991	1885	400	250	744	6
2021	21819	4693	5753	4192	3520	2635	2248	1600	600	192	455	8
2022	21227	7351	5613	4553	3300	2508	2020	1700	600	200	100	75

# Generación nuclear

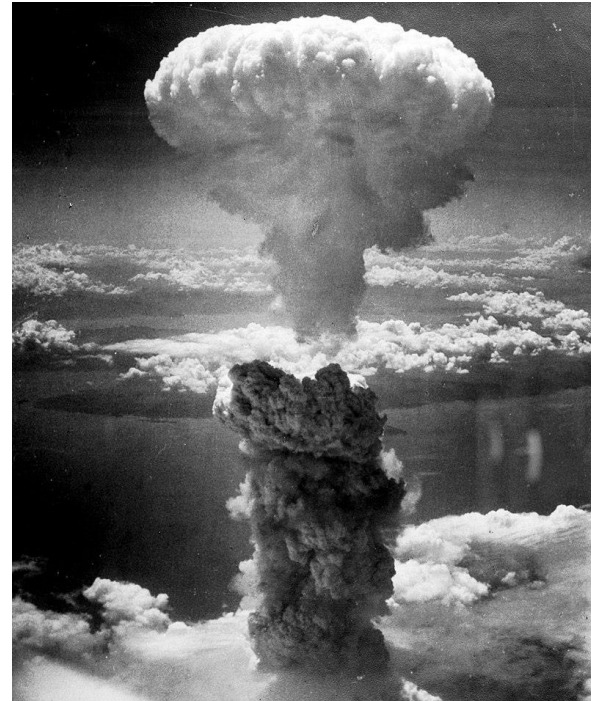
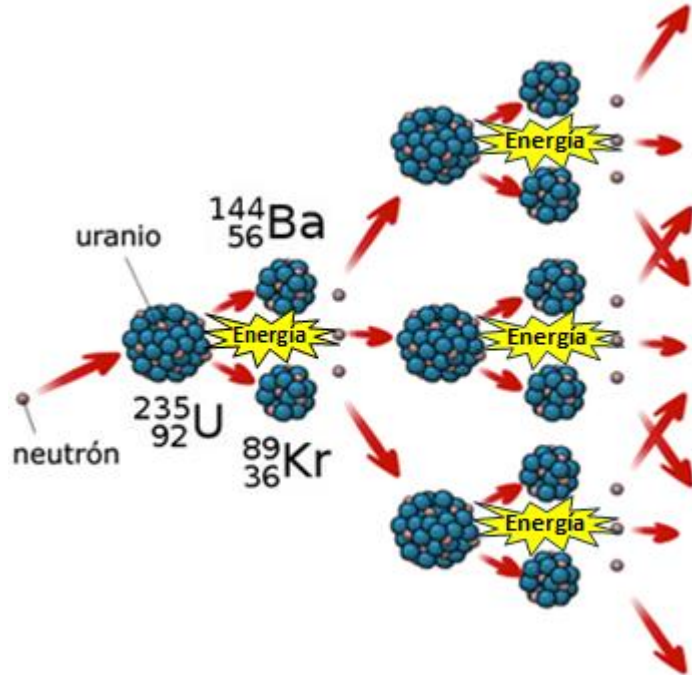
- Enriquecimiento del uranio

## Fabricación de un elemento combustible



# Generación nuclear

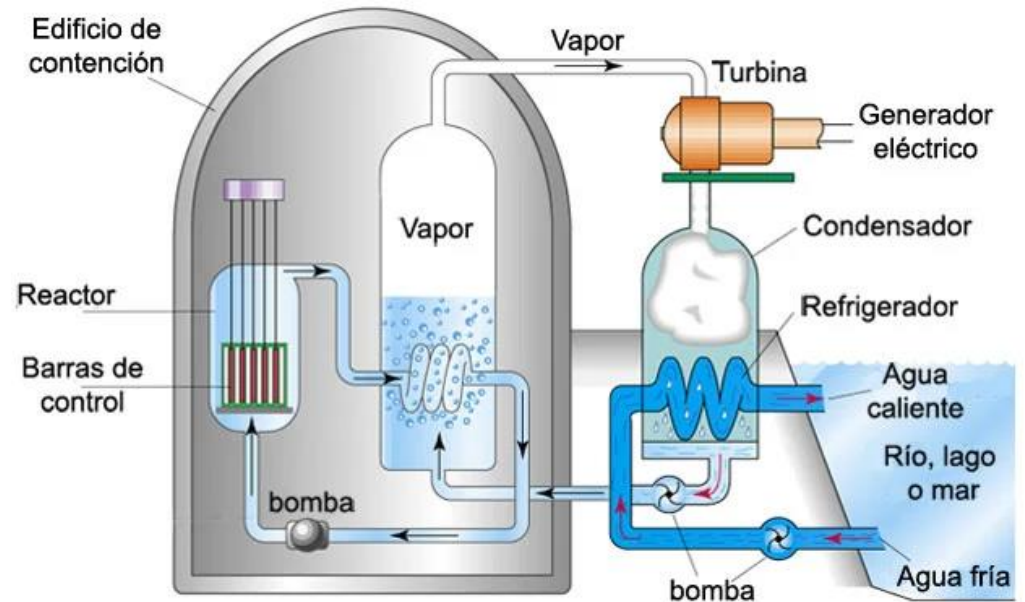
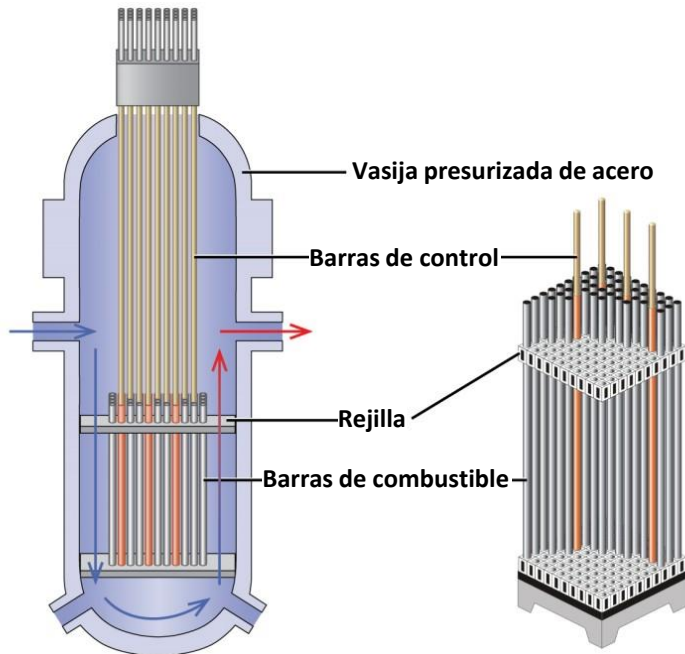
- Reacción en cadena



Hongo nuclear de la bomba de Nagasaki

# Generación nuclear

- Reacción en cadena controlada



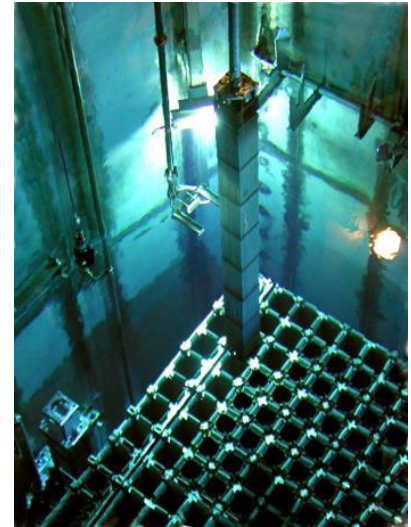
# Generación nuclear

- Residuos
  - El combustible se cambia cada 18-24 meses. El reactor debe estar parado para la **recarga**.
  - El combustible gastado aún contiene un gran contenido de  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  y  $^{239}\text{Pu}$  (formado a partir del  $^{238}\text{U}$ ), con lo que se puede **reprocesar** y extraer la parte que todavía es fisiónable para volverlo a usar, aunque en España no se hace.



# Generación nuclear

- Residuos
  - El combustible viejo todavía es radiactivo y genera calor, por lo que se almacena en una piscina dentro del propio recinto durante al menos 10 años.
  - Cuando las piscinas se llenan se pueden almacenar en contenedores nucleares en la superficie.



# Generación nuclear

- Residuos

- Tras ello, se transportan a un almacén temporal centralizado (ATC). En España, tenemos para residuos:

- De baja o media radiactividad (vida < 300 años) en El Cabril (Córdoba)
    - De alta radiactividad (vida > 300 años) se **iba a construir** en Villar de Cañas (Cuenca), pero finalmente será 7 almacenes temporales distribuidos (ATD) en las propias nucleares

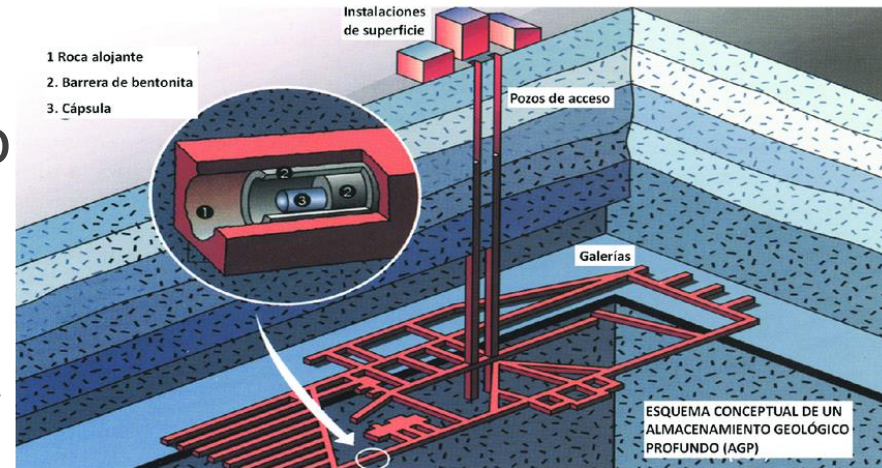


# Generación nuclear

- Residuos

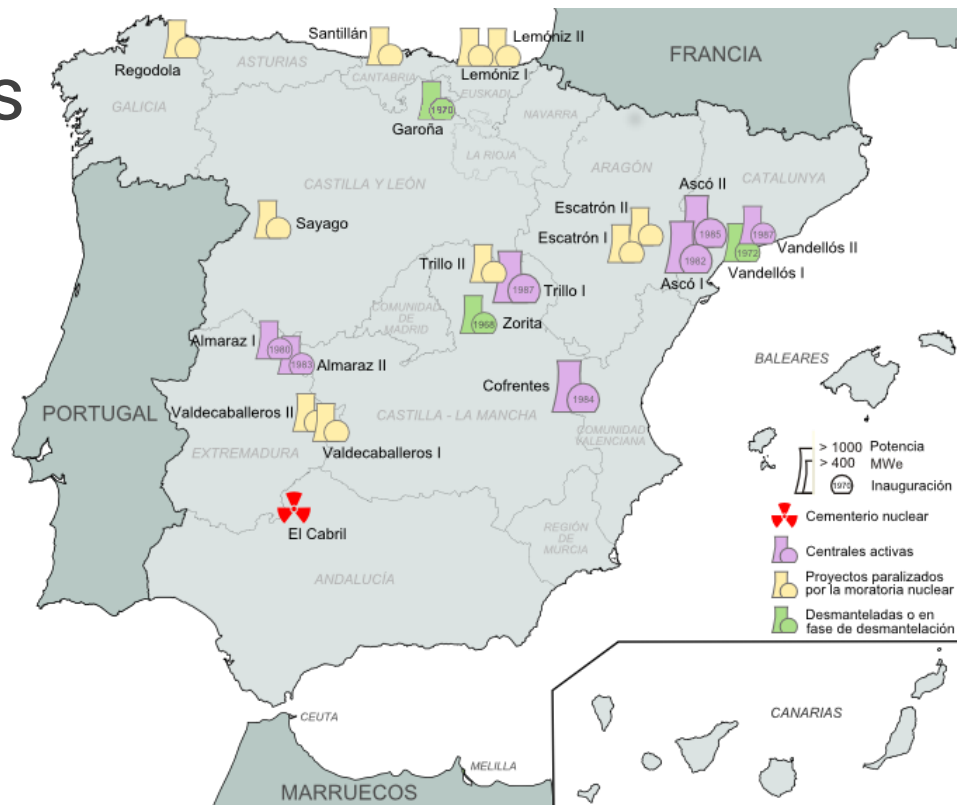
- Finalmente, se deberían llevar a un almacenamiento geológico profundo (AGP).  
Con el plan actual:

- Su emplazamiento se decidirá entre 2029 y 2032.
    - Entraría en funcionamiento en 2072



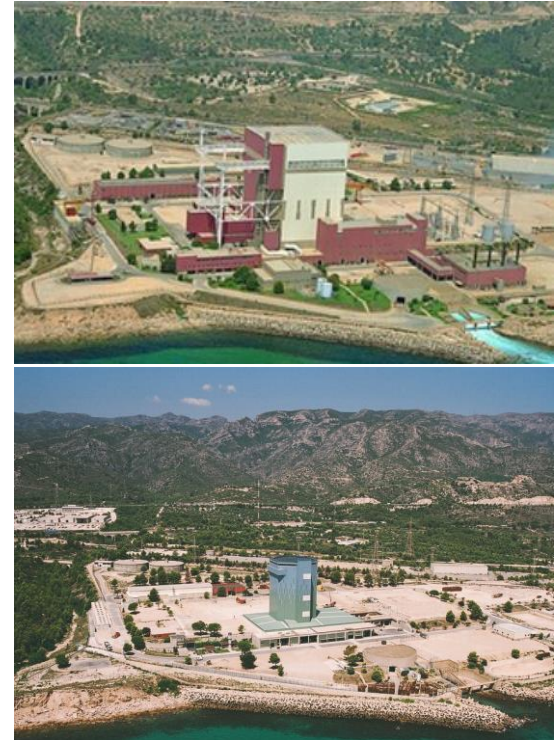
# Generación nuclear

- Centrales nucleares en España



# Generación nuclear

- Centrales nucleares cerradas
  - Vandellós I: tuvo un accidente el 19 de octubre de 1989. El desmantelamiento comenzó en 1998, cuyo Nivel 2 finalizó en 2003. El cajón del reactor, sin combustible nuclear, fue sellado y se mantendrá así por un período de 25 años –latencia–.



# Generación nuclear

- Centrales nucleares cerradas
  - **Vandellós I**: el cierre prematuro y no disponer de un ATC hace que estemos pagando a Francia por nuestros residuos radiactivos.

**ELECTROJUEVES: SIN ATC, ¿PAGAMOS MÁS?**

**España paga 74.000 euros diarios por almacenar en Francia los residuos radiactivos de Vandellós I**

**La multa que Francia cobra a España por guardar sus residuos nucleares se dispara y ya supera los 84.000 euros diarios**

La penalización acumulada, que Enresa recuperará cuando regrese ese material radiactivo en 2028, se situó en 2022 en 156,2 millones, tras una subida récord del 6,7%, hasta 84.134,63 euros diarios

# Generación nuclear

- Centrales nucleares cerradas
  - Vandellòs I: era la única en España con un reactor de tecnología grafito-uranio.

## CRONICA

EL@MUNDO

Domingo, 10 de junio de 2001 - Número [295](#)

**HISTORIA** | ESPAÑA, POTENCIA NUCLEAR

### La bomba atómica que Franco soñó

DURANTE 20 AÑOS España tuvo la capacidad técnica de fabricar un arma nuclear gracias a los planes secretos que el dictador impulsó a espaldas de Estados Unidos

Diari de Tarragona



ENTRA

COSTA

## Quando Vandellòs iba a hacer cinco bombas atómicas al año

Un nuevo libro arroja más luz sobre la carrera nuclear de España en el franquismo. El reactor de Vandellòs I aportaría el plutonio necesario

03 septiembre 2017 10:17 | Actualizado a 07 noviembre 2017 13:38

# Generación nuclear

- Centrales nucleares cerradas
  - Zorita-José Cabrera: cesó su actividad en 2006.



Presidente

© Alvaro Ruiz

**BONO CONSIDERA QUE LA CENTRAL DE ZORITA ES COMO UNA CAFETERA VIEJA Y YA DEBERÍA ESTAR CERRADA**



# Generación nuclear

- Centrales nucleares cerradas
  - Garoña: cesó su actividad en 2012

## Endesa e Iberdrola pierden 400 millones en cuatro años por el cierre de Garoña

Las eléctricas cerraron voluntariamente la central a finales de 2012 en un órdago al Ejecutivo por la reforma eléctrica. El año pasado asumieron pérdidas de 96 millones por la nuclear burgalesa.

28/02/2018 ACTUALIZADO EL 01/03/18 - 13: 32

## Transición Ecológica autoriza el desmantelamiento de la central nuclear de Santa María de Garoña

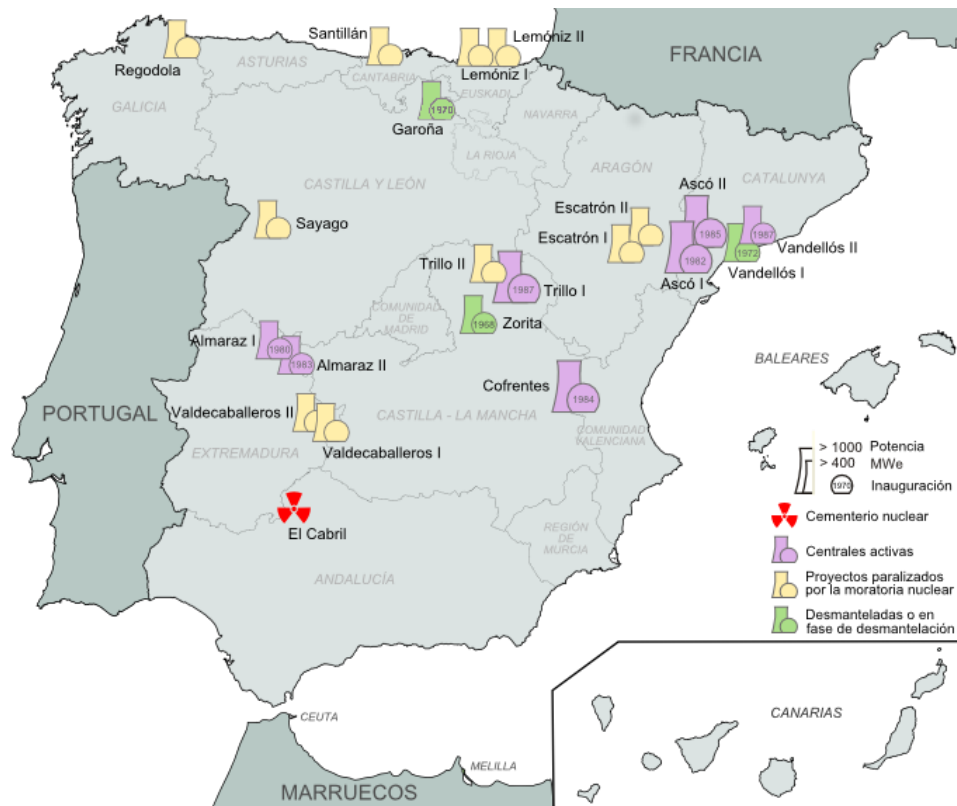
[Transición Ecológica y el Reto Demográfico](#) - 17.7.2023

El proyecto abarca hasta 2033, tiene un presupuesto de 475 millones de euros y prevé puntas de 350 personas trabajando simultáneamente.



# Generación nuclear

- Moratoria nuclear
  - Aprobada en 1983 por el gobierno de Felipe González y paralizó todos los proyectos



# Generación nuclear

- Centrales nucleares paralizadas

- Lemóniz:

- En marzo de 1978, ETA colocó una bomba en las obras, matando a 2 obreros e hiriendo a 14.
    - En junio de 1978, colocó otra que mató a un obrero más.
    - En enero de 1981, secuestró a José María Ryan, ingeniero jefe de la central, que acabó asesinado al no ceder al chantaje de parar las obras.
    - En mayo de 1982 asesinaron Ángel Pascual Múgica, ingeniero y director de proyectos de la central.

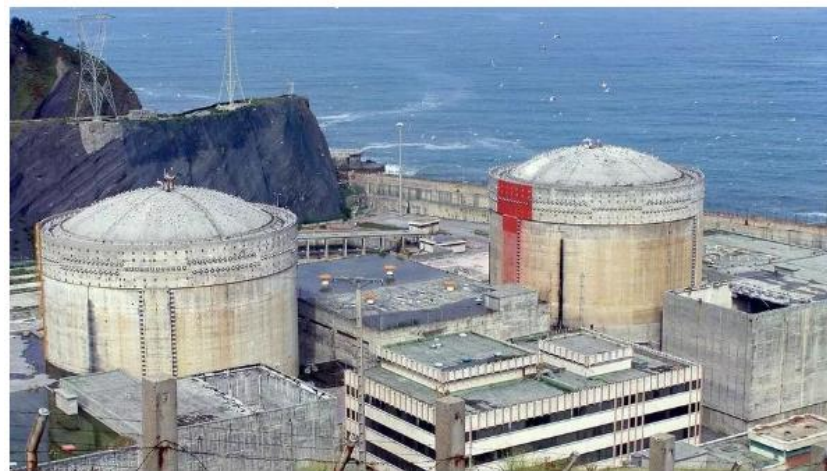
# Generación nuclear

- Centrales nucleares paralizadas
  - Lemóniz:

## **La piscifactoria en la fallida central nuclear de Lemoiz, más cerca: hay dos proyectos “avanzados” en fase de estudio**

El Gobierno vasco está analizando ambas propuestas, que ocuparían el espacio total que se reserva para acuicultura en este proyecto, que se anunció ya en 2017

— La central nuclear de Lemoiz se convertirá en una piscifactoría de gambas y langostinos

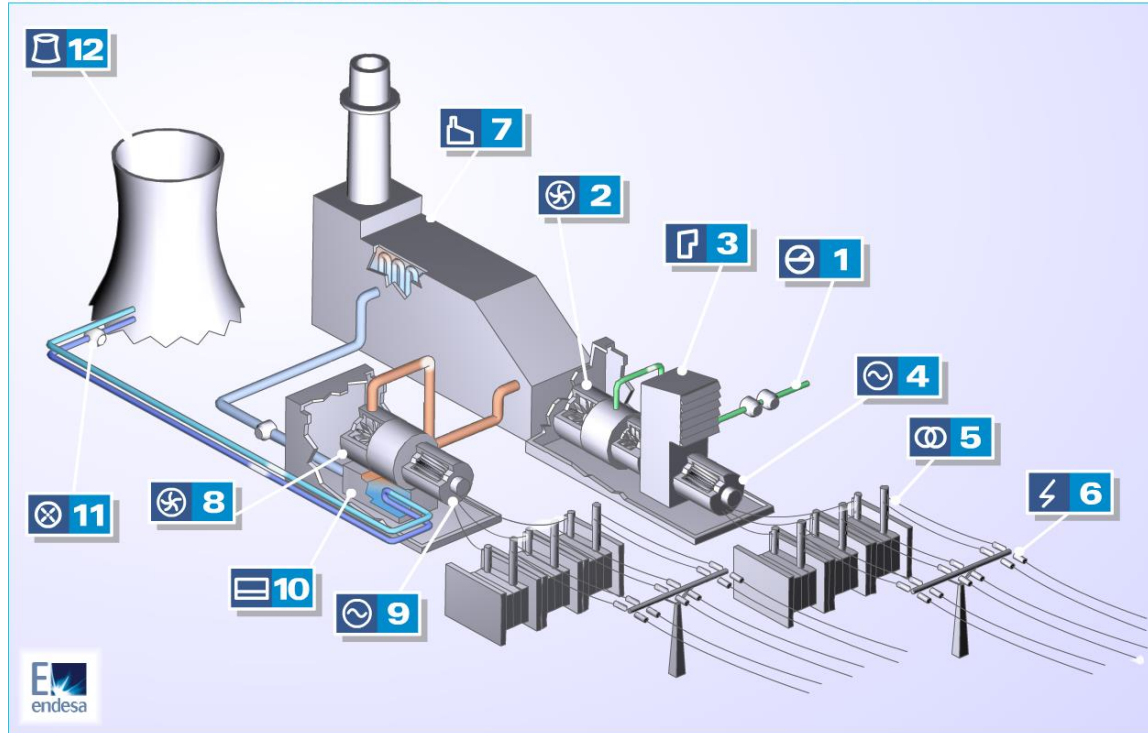


Central nuclear de Lemoiz. JOSÉ A. SOLÍS

# Ciclo combinado

## Central Ciclo Combinado

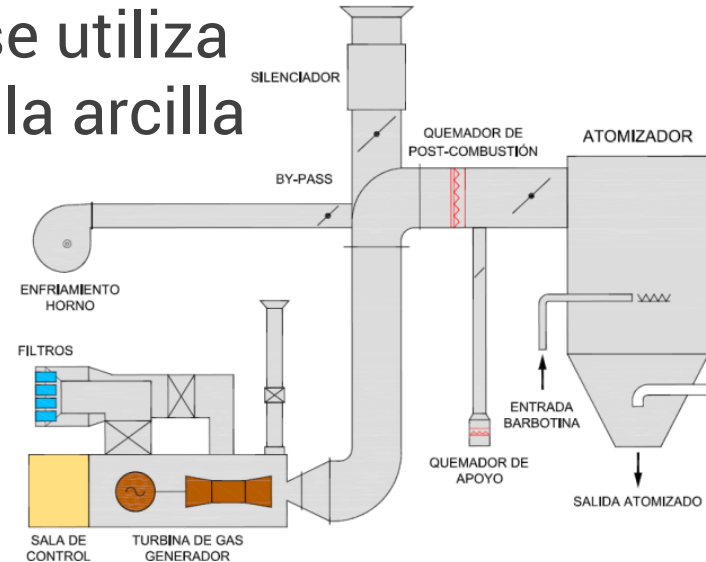
▶ ampliar esquema ▶ reducir esquema



1. Alimentación de gas natural
2. Turbina de gas
3. Filtro de aire
4. Generador eléctrico (g)
5. Transformador
6. Línea de alta tensión
7. Caldera de recuperación
8. Turbina de vapor
9. Generador eléctrico (v)
10. Condensador
11. Bomba del sistema de refrigeración
12. Torre de refrigeración

# Ciclo combinado

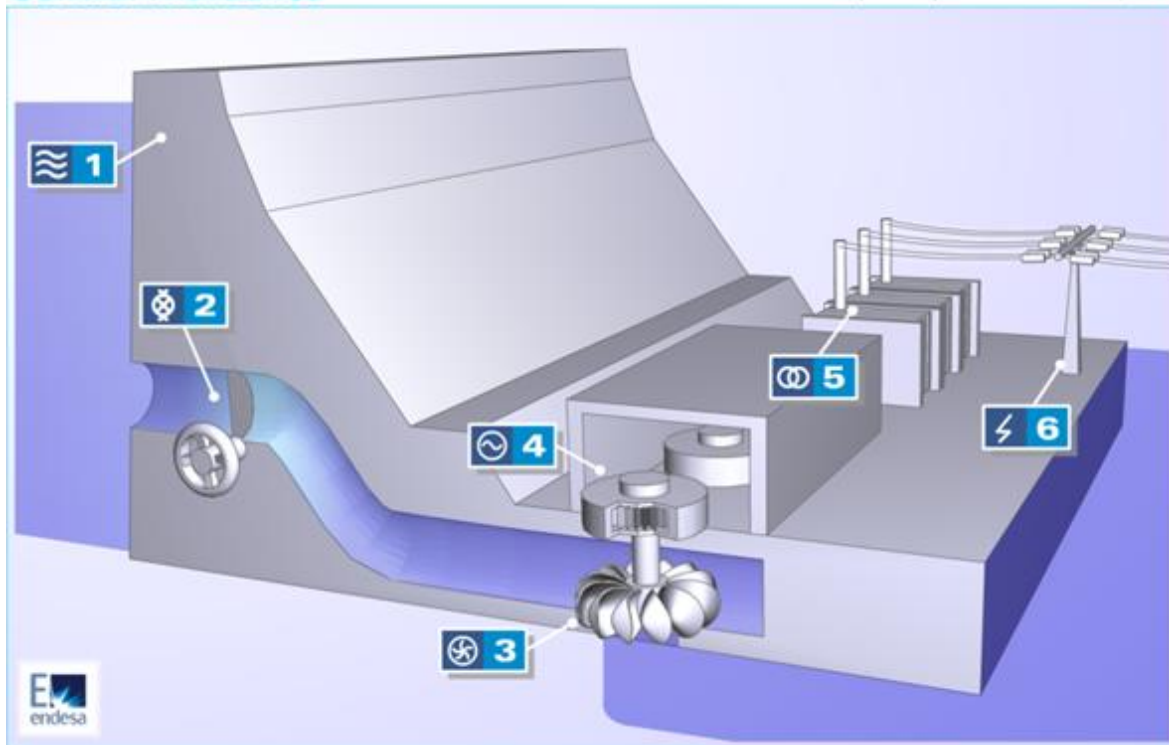
- La **cogeneración** también utiliza la turbina de gas:
  - mueve un generador para producir **electricidad**
  - el **calor** de sus gases de escape se utiliza en el atomizador para para secar la arcilla



# Generación hidráulica

## Central Hidráulica

▶ ampliar esquema ▶ reducir esquema



1. Presa
2. Compuerta de la tubería forzada
3. Turbina
4. Generador eléctrico
5. Transformador
6. Línea de alta tensión

Aprovecha la energía del agua:

- Cinética (caudal)
- Potencial (altura)

# Generación hidráulica

- Según el discurrir del agua pueden ser de:
  - **Agua fluyente:** no disponen de reserva y son de gran caudal y salto de poca altura.
  - **Derivación:** disponen de una pequeña presa para desviar el agua hacia la turbina a través de una conducción.
  - **Embalse:** disponen de una gran presa que acumula el agua. Permiten controlar la producción.



# Generación hidráulica

- Según el discurrir del agua:
  - Agua fluyente



Central hidráulica de Laufenburg (Suiza), ubicada en el Rin.

# Generación hidráulica

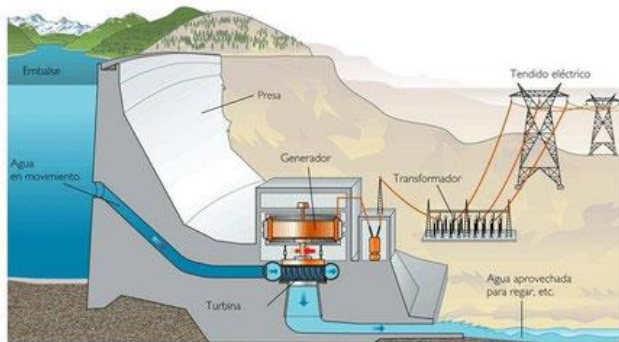
- Según el discurrir del agua:
  - Derivación



# Generación hidráulica

- Según el discurrir del agua:
  - Embalse

## Presa de gravedad



## Presa de bóveda



Presa Hoover en el río Colorado.  
Frontera entre Arizona y Nevada

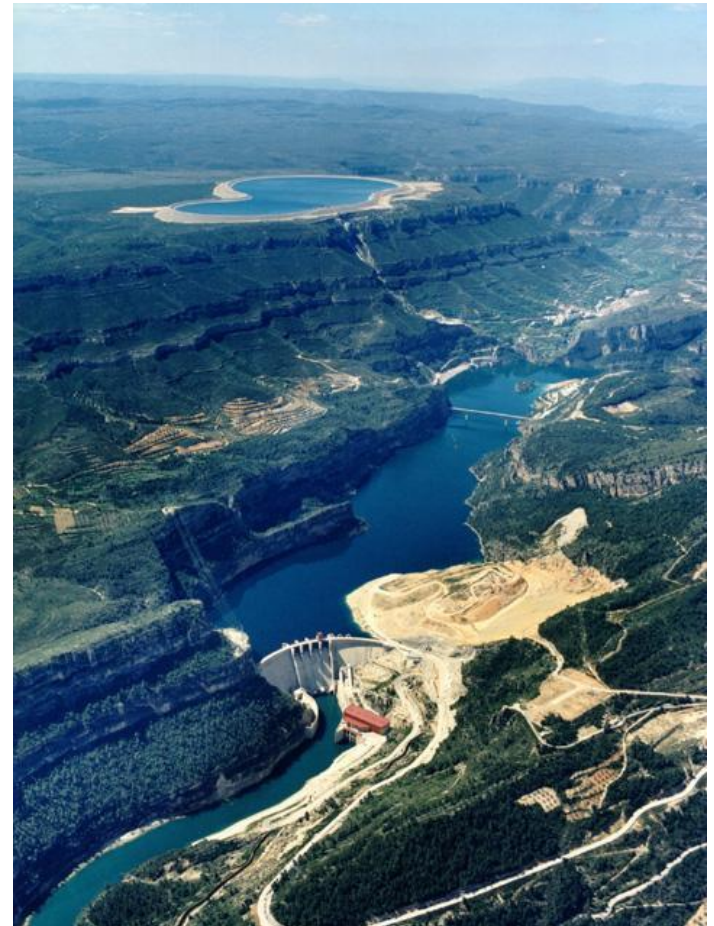
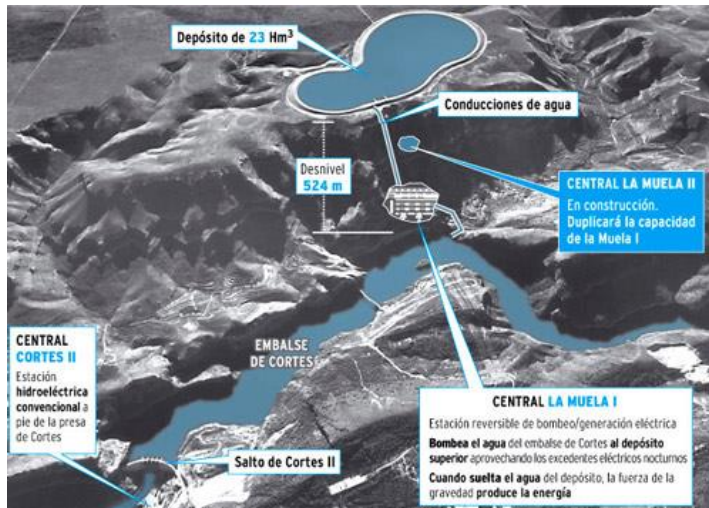


Presa de Almendra en el río Tormes.  
Frontera entre Salamanca y Zamora

# Generación hidráulica

- Según el discurrir del agua:
  - Embalse

## Centrales reversibles de bombeo

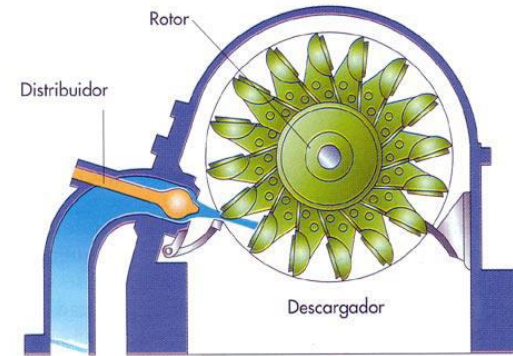
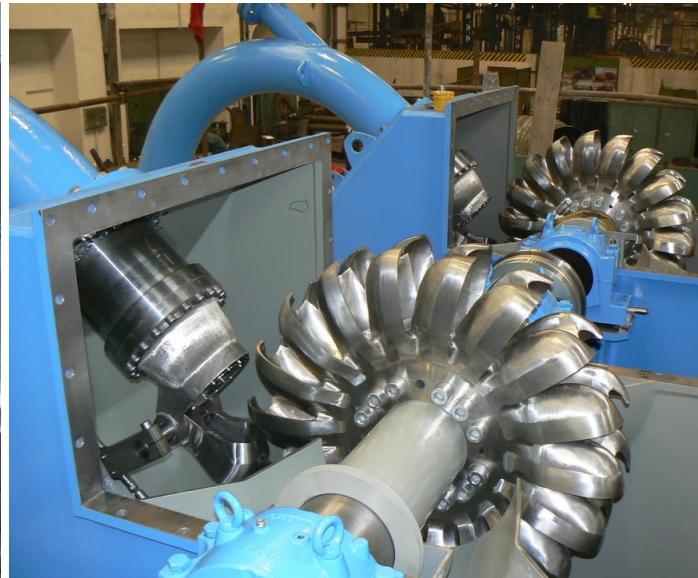
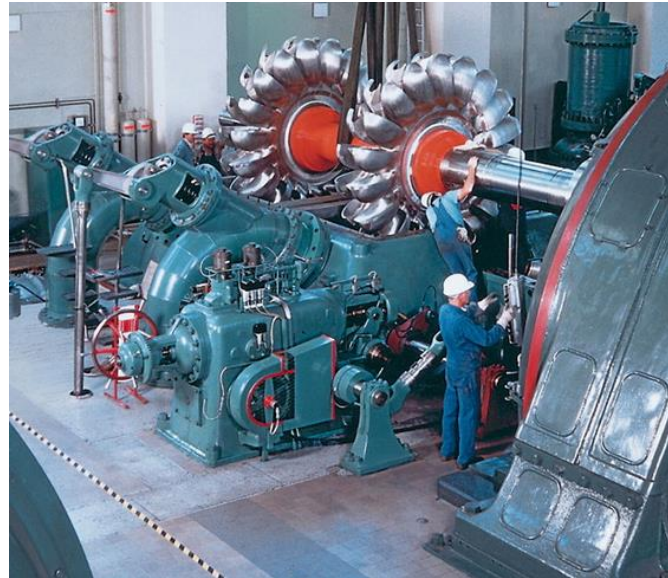


# Generación hidráulica

- En función del tipo de salto de agua se tienen diferentes turbinas:
  - **Pelton:** Mucha altura y poco caudal
  - **Francis:** altura y caudal medios
  - **Kaplan:** poca altura y mucho caudal

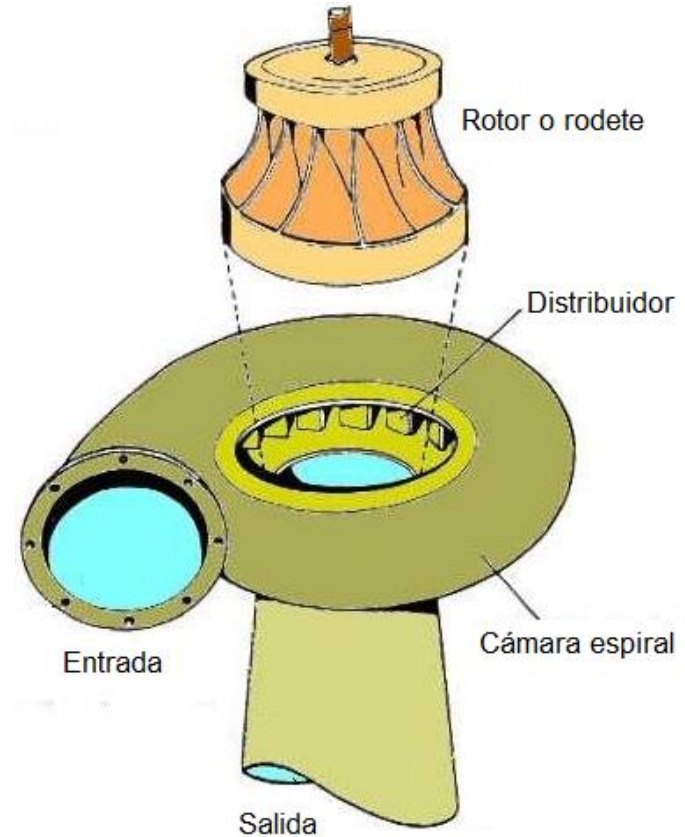
# Generación hidráulica

- Turbina Pelton



# Generación hidráulica

- Turbina Francis



# Generación hidráulica

- Turbina Francis
  - Utilizada en la presa de las Tres Gargantas (China), con una potencia de **22 500 MW**





# Generación hidráulica

- Turbina Kaplan

