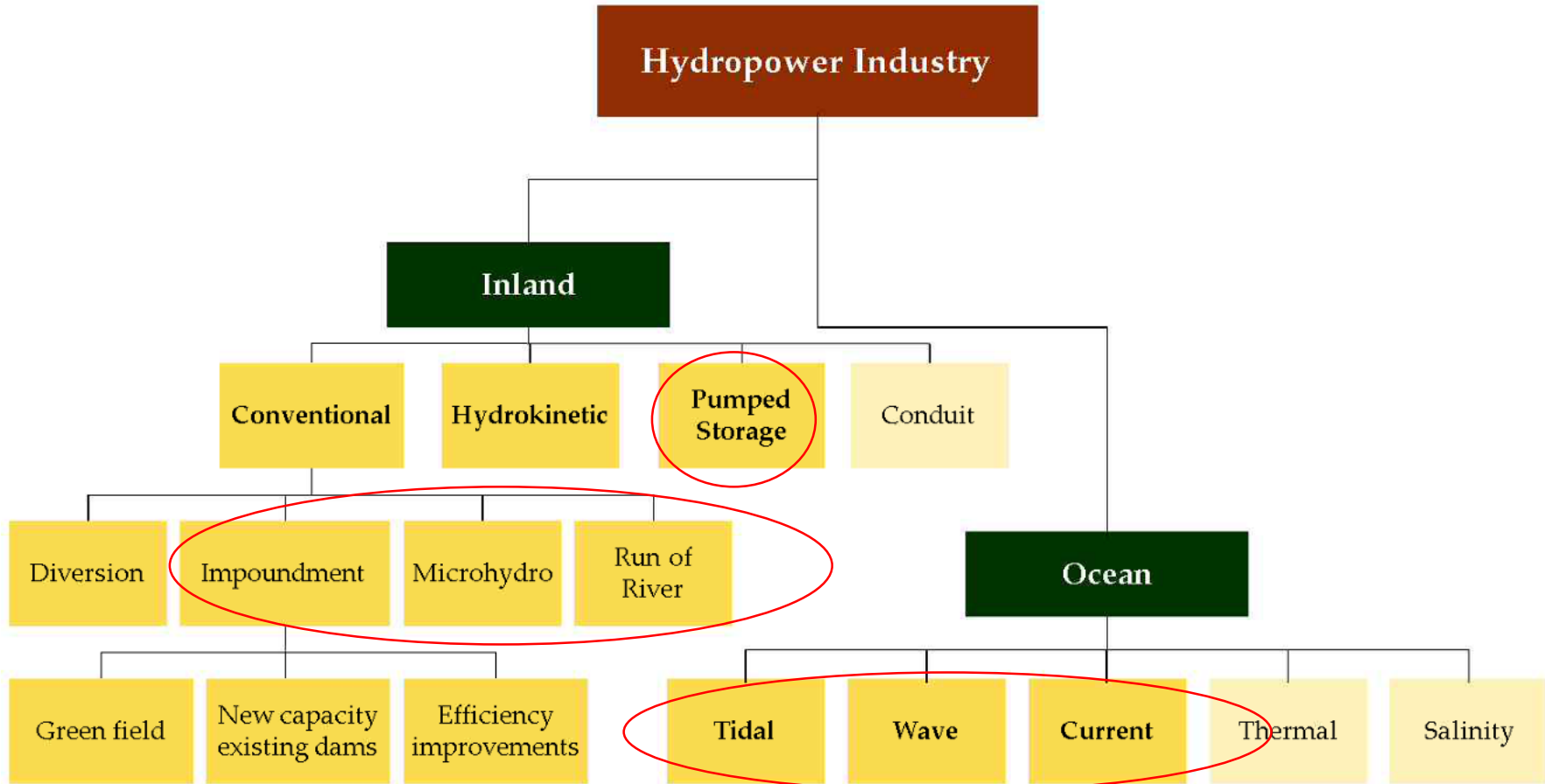


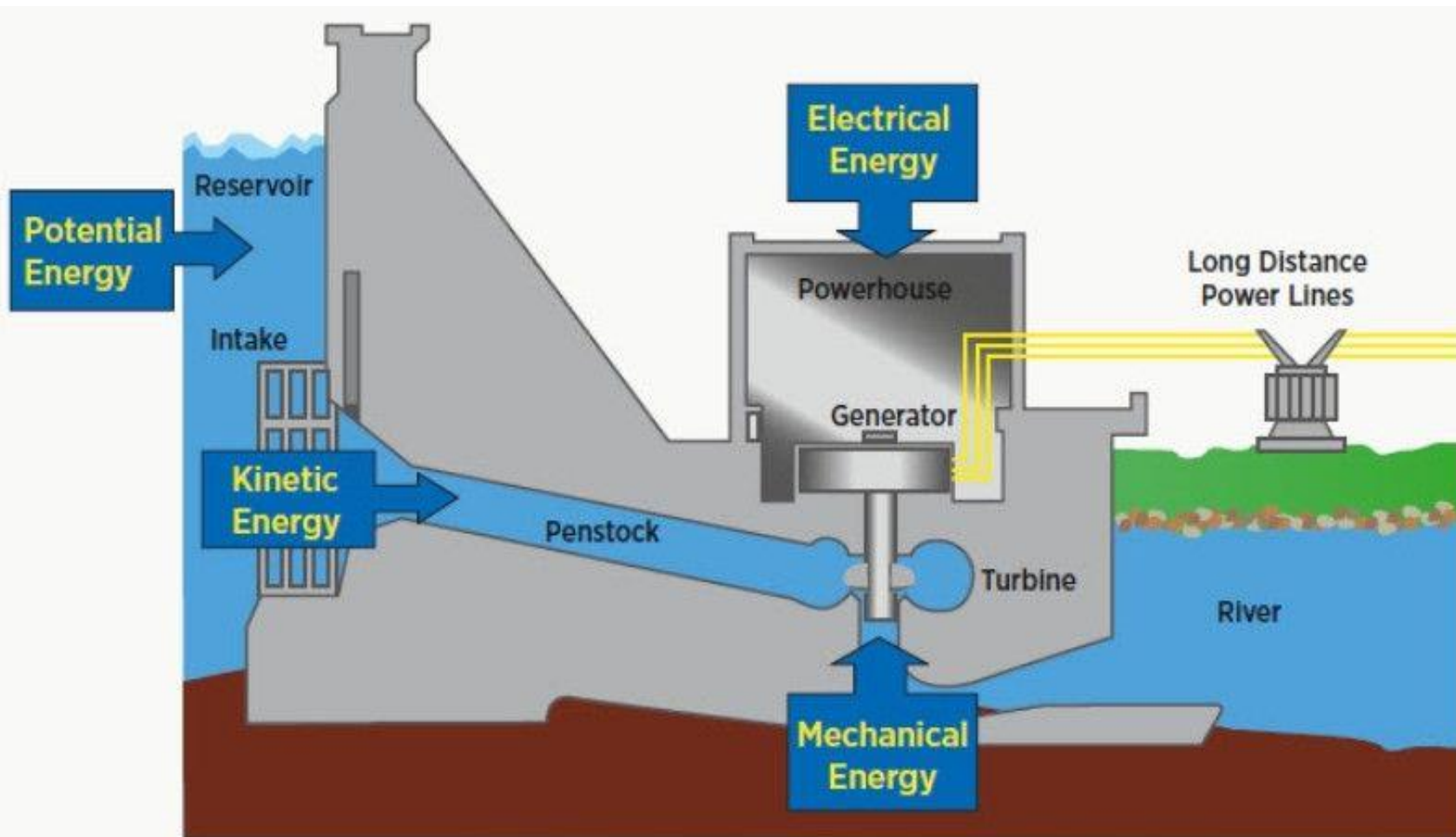
Recurso Hidráulico. Costos fijos. Pagos por disponibilidad. Modelado en SimSEE.
Calibración.

Hidráulicas para Generación Eléctrica



Note: Lighter colors indicate less mature technology not considered in this study

Principio Básico de Funcionamiento de la Generación Hidroeléctrica



<https://studiousguy.com/hydroelectric-power-plant-working-principle/>

11.1. Generador Hidroeléctrico con Embalse.

$$V_{fin} =$$

El Generador Hidroeléctrico con Embalse es un Actor perteneciente al Grupo de Generadores Hidroeléctricos. La función del Actor es modelar centrales hidroeléctricas con embalse para el almacenamiento de energía.

$$V_{ini} + \text{Aportes} - \text{Turbinado} - \text{Vertidos} - \text{Filtración}$$

11.1.a) Descripción del funcionamiento.

Para definir el Actor es necesario especificar los parámetros del embalse y sus respectivas restricciones en los límites del volumen de agua almacenada. En la Fig. 1. se presenta una representación esquemática de la central.

$$\text{Energía} = \text{Turbinado} \times \text{ce}$$

Donde:

1. V Es el volumen del agua que se encuentra en el embalse.
2. h Es la diferencia de altura entre la superficie del lago del embalse y el desagüe de la turbina.
3. dV Es el volumen turbinado.
4. dE Es la energía generada por las turbinas.

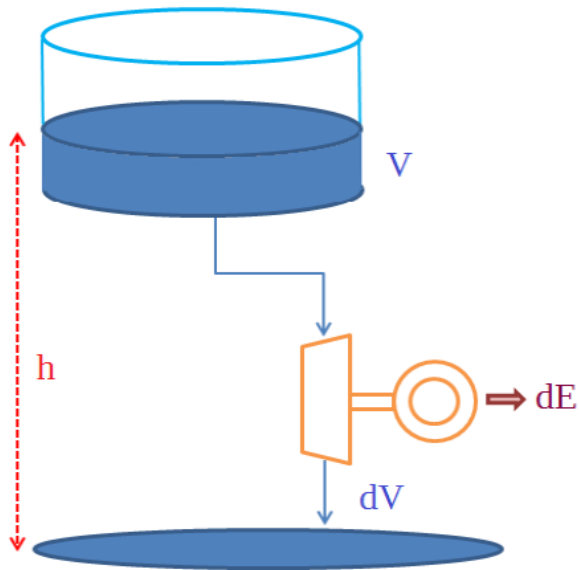


Fig. 13: Esquema de una central hidroeléctrica con embalse.

El volumen V_{fin} al final del paso de tiempo se calcula como el volumen al inicio V_{ini} , más el volumen que ingresa al lago por el escurrimiento propio de su cuenca o por caudales liberados en centrales aguas arriba A , menos los volúmenes turbinados en cada poste de tiempo, menos el volumen que sea necesario verter sin turbinar Z y menos las pérdidas por evaporación y por filtración del embalse R .

El volumen final se calcula con la ec.1:

$$V_{fin} = V_{ini} + A - \sum_{j=1}^{j=N\text{Postes}} \frac{P_j \text{durpos}_j}{ce} - Z - R \quad \text{ec.1 Volumen final del embalse.}$$

Donde el volumen turbinado en el poste j es: $\frac{P_j \text{durpos}_j}{ce}$, siendo ce el coeficiente energético y $P_j \text{durpos}_j$ es la potencia entregada en el poste j multiplicada por la duración del poste j .

El coeficiente energético queda determinado por la función $dE = ce \cdot dV$, donde se observa que es el factor de conversión entre un volumen turbinado dV y la energía generada y entregada por la central a la red eléctrica dE .

Coeficiente Energético (ce)

Considerando la altura de salto efectivo h_{se} , medida desde la superficie del lago hasta la superficie del río aguas abajo, podemos escribir el coeficiente energético como:

$$ce = \frac{h_{se} \cdot \rho \cdot g \cdot \eta}{3600} [MWh/Hm^3]$$

Dónde:

- ρ Es la densidad del agua. (1000kg/m³)
- g Es la constante gravitatoria. (9.8m/s²)
- η Es el rendimiento complejo de la turbina y del generador eléctrico. (p.u.)

Como se puede apreciar, la ecuación del volumen turbinado en función de la energía generada por la central es una aproximación dado que el coeficiente energético varía en función del salto efectivo h_{se} . El salto efectivo puede variar en función del nivel del lago (se cumple siempre que $h_{se} \leq h$) y por la variación de la cota aguas abajo, y la cota aguas abajo debido al propio turbinado. El coeficiente energético también cambia al variar el rendimiento de la turbina, el cual no es constante para todo caudal.

$$\frac{P [MW]}{Q [m^3/s]} = ce \left[\frac{MWh}{Hm^3} \right] \cdot \frac{3600}{10^6} = \frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot \eta}{10^6} \left[\frac{MW}{m^3/s} \right]$$

El “ce” es la Energía Potencial (mgh) dividida por los m3 que “caen” una altura “hse” y todo afectado por un rendimiento...

1 Wh = 3600 joules
1 MWh = 10⁶/3600 joules
1 Hm = 100 m
1 Hm³ = 10⁶ m³

Reducción del Salto Efectivo (h_{se}) por Caudal Erogado

- Coeficientes de afectación del salto (caQ_E , cbQ_E): Son coeficientes utilizados para modelar la reducción del salto efectivo producido por el caudal erogado. Esta reducción de salto efectivo afecta el cálculo del coeficiente energético (C_e). El salto efectivo se calcula con la ec.2.

$$dh(Q_{erogado}) = caQ_E \cdot Q_{erogado} + cbQ_E \cdot (Q_{erogado})^2$$

ec.2 Salto efectivo por caudal erogado.

Dónde:

- $dh(Q_{erogado})$: variación del salto efectivo en función del caudal erogado.
- $Q_{erogado}$: Caudal erogado

Central con Embalse en SimSEE

Editando "SG" Hidroeléctrica con embalse

Nombre: ?

Nodo:

Estado inicial y valorización del agua.

Altura inicial [m]: Error [m]: +/- Activar error en optimización Activar error en simulación




Discretización de la altura [cantidad de puntos]: Valorizado manual Iniciar cota encadenando

Parámetros de los aportes

Fuente: Tipo de fuente.

Borne: Caudales [m3/s] Escurrimientos [mm/mes]

Fichas


Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa			
Auto	PMáxGen= 67,5 MW, Q...	NO	0			

Calcular gradiente de inversión

Emisiones de CO2

Ton-CO2/MWh:

Low Cost Must Run Clean Development Mechanism


 Editar ficha de "SG" Hidroeléctrica con embalse

 Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn)

 Capa:
 Periódica?

 Parámetros 1 **Parámetros 2** Parámetros 3

Cota mínima operación[m]	30
Cota máxima operación[m]	35,5
Puntos cota-volumen h[m]	30,00; 32,50; 35,50
Puntos cota-volumen V[Hm3]	0,00; 574,50; 1529,25
Área de la cuenca[ha]	0
Cota de la descarga para cálculo del salto[m]	4,5
Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(caQE)	0,00181
Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(cbQE)	-9,2E-8
Rendimiento[p.u.]	0,858
Potencia máxima generable[MW]	67,5
Caudal máximo turbinable[m3/s]	315
Factor de disponibilidad[p.u.]	0,99
Tiempo de reparación[horas]	48
Ca filtración[m3/s]	0
Cb filtración[m2/s]	0
Qa muy seco[m3/s]	0
Cota mínima para vertimiento[m]	30
Cota máxima para vertimiento[m]	36,5
Caudal vertido con la cota máxima[m3/s]	23500

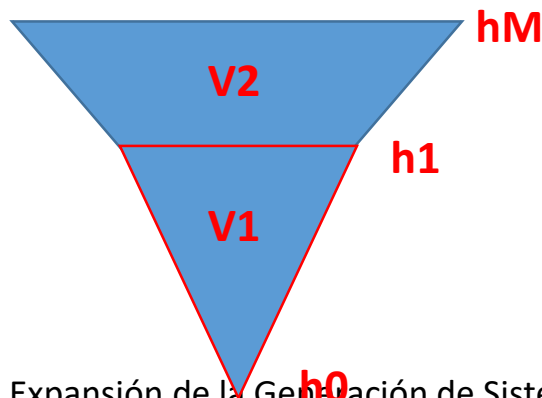
Cambio de tamaño de un lago

Parámetros 1

Parámetros 2

Cota mínima operación[m]		70
Cota máxima operación[m]		81
Puntos cota-volumen h[m]	H0; h1; hM	70,00; 75,50; 81,00
Puntos cota-volumen V[Hm3]	0; ; V1; V1+V2	0,00; 2828,00; 8208,00

Cota mínima operación[m]		70
Cota máxima operación[m]		81
Puntos cota-volumen h[m]		70,00; 75,50; 81,00
Puntos cota-volumen V[Hm3]		0,00; 1414,00; 4108,00



Control de crecida

<input checked="" type="checkbox"/> Activar	Cota [m]	Erogado [m3/s]
Inicio:	80	0
Medio:	80,05	2595
Fin:	80,1	7630

Central de Pasada

Editando "Baygorria" Generador hidráulico de pasada

Nubeseable
?
 Calcular Gradiente de Inversión.

Nombre:

Nodo:

Parámetros de los Aportes

Fuente: Tipo de fuente

Borne:
 Caudales [m3/s]
 Ecurrimientos [mm/mes]

Índice de precios.

Fuente:

Borne:

Emissiones CO2

Ton-CO2/MWh:
 Low Cost Must Run
 Clean Development Mechanism

Fichas

Fecha de Inicio	Información adicional	Periodica?	Capa		
Auto	PMáxGen= 36 MW, QM?...	NO	0		

Editar ficha de "Baygorria" Generador hidráulico de pasada

Fecha: (dd/MM/yyyy h:nn) Capa:

Periódica?

Area de la cuenca [há]	0
Cota de descarga[m]	38,9
Cota de toma[m]	53,8
Costo variable del agua[USD/Hm3]	0
Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(caQE)	0,000682
Coefficientes de afectación del salto por caudal erogado(cbQE)	1,3E-8
Rendimiento[p.u.]	0,866
Potencia máxima generable[MW]	36
Caudal máximo turbinable[m3/s]	236
Factor de disponibilidad[p.u.]	0,99
Tiempo de reparación[horas]	48

Factor de Reserva Rotante:

Salto mínimo operativo [m]:

EMaxPaso[MWh]:

Igual potencia en todos los Postes.

Pagos (no considerados en el despacho)

Pago por disponibilidad [USD/MWh]:

Pago por energía [USD/MWh]:

Requerimiento de Vertimiento

Caudal mínimo [m3/s]:

Penalidad por incumplimiento [MUSD/Hm3]:

Editar Centrales Aguas Arriba

Capa:

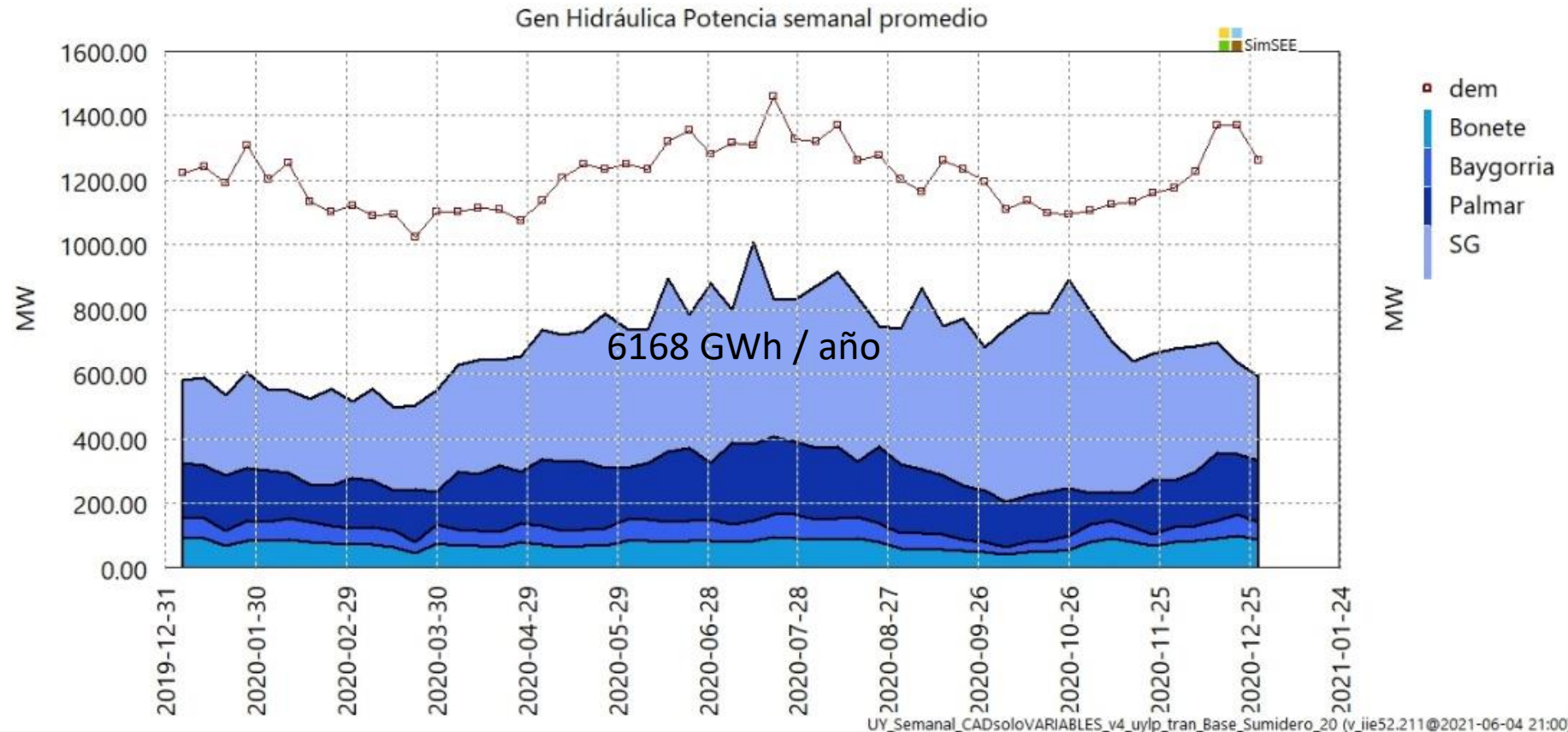
Central de descarga:

Centrales aguas arriba:

Central	Tipo de central	Coefficiente		
Bonete	Hidroeléctrica con embalse	1		

Hidráulica de Uruguay

Potencia Hidráulica instalada = 108+155+333+945 = 1.542 MW



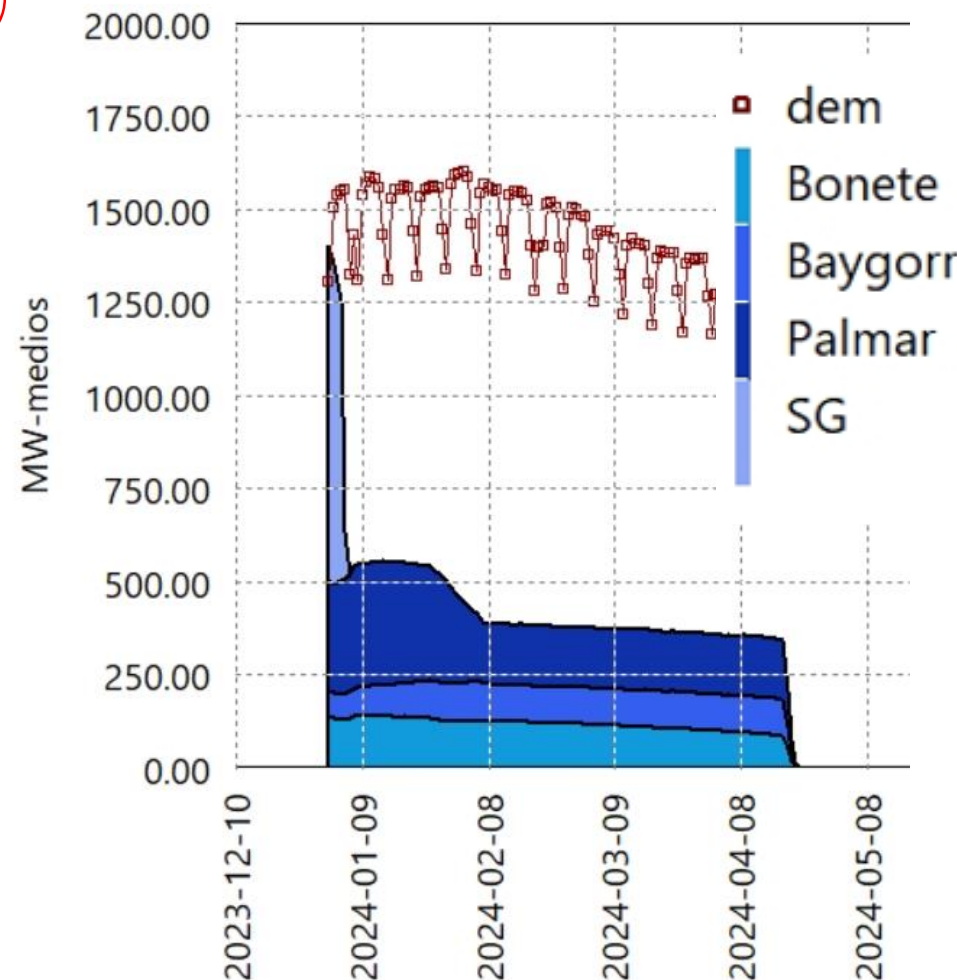
Factor de planta compresivo de todas las hidros = $6.168.000 / 365 / 24 / 1.542 = 0.46$

Ejercicio 16

- Ver la forma de modificar la Sala a los efectos de poder calcular la energía máxima embalsada en los lagos y la duración en días del almacenamiento de cada represa, desde su llenado a cota máxima de operación, hasta su vaciamiento al llega a la cota mínima de operación.
 - Usar el Escenario BaseAsinTESuy (solo tiene hidro).
 - Nota: Tener en cuenta que la sala no admite menos de un año de simulación y siempre tiene que tener cuatro postes.

Suma de MW-m diarios	541558	13060	10453	22599	3444	
GWh (anuales)	12997	313	251	542	88	1189
	100%	2%	2%	4%	1%	9%
# MW-medios PEG2023 Ejercicio16_varios_BaseAsinTESuy						
paso	fecha	Dem_Sist	Bonete	Baygorria	Palmar	SG
1	01/01/2024	1304	138	66	299	900
2	02/01/2024	1507	136	69	291	858
3	03/01/2024	1541	133	67	299	808
4	04/01/2024	1548	131	67	307	753
5	05/01/2024	1552	130	69	311	124
6	06/01/2024	1324	136	73	311	0
7	07/01/2024	1434	141	74	329	0
8	08/01/2024	1313	142	75	331	0
9	09/01/2024	1537	142	77	331	0
32	01/02/2024	1596	128	102	232	0
33	02/02/2024	1604	128	102	219	0
34	03/02/2024	1589	128	103	208	0
35	04/02/2024	1461	128	103	196	0
36	05/02/2024	1335	129	103	185	0
37	06/02/2024	1546	128	103	173	0
38	07/02/2024	1567	128	99	163	0
39	08/02/2024	1560	129	99	162	0
40	09/02/2024	1549	128	98	161	0
105	14/04/2024	1272	91	98	161	0
106	15/04/2024	1168	91	99	161	0
107	16/04/2024	1273	90	99	162	0
108	17/04/2024	1369	89	97	161	0
109	18/04/2024	1374	86	96	160	0
110	19/04/2024	1379	52	58	98	0
111	20/04/2024	1381	20	22	37	0
112	21/04/2024	1282	4	4	7	0
113	22/04/2024	1182	0	0	0	0
114	23/04/2024	1372	0	0	0	0

hoja_Gen_P_Hidro_paso



Potencia Hidráulica instalada =
108+155+333+945 = 1.542 MW

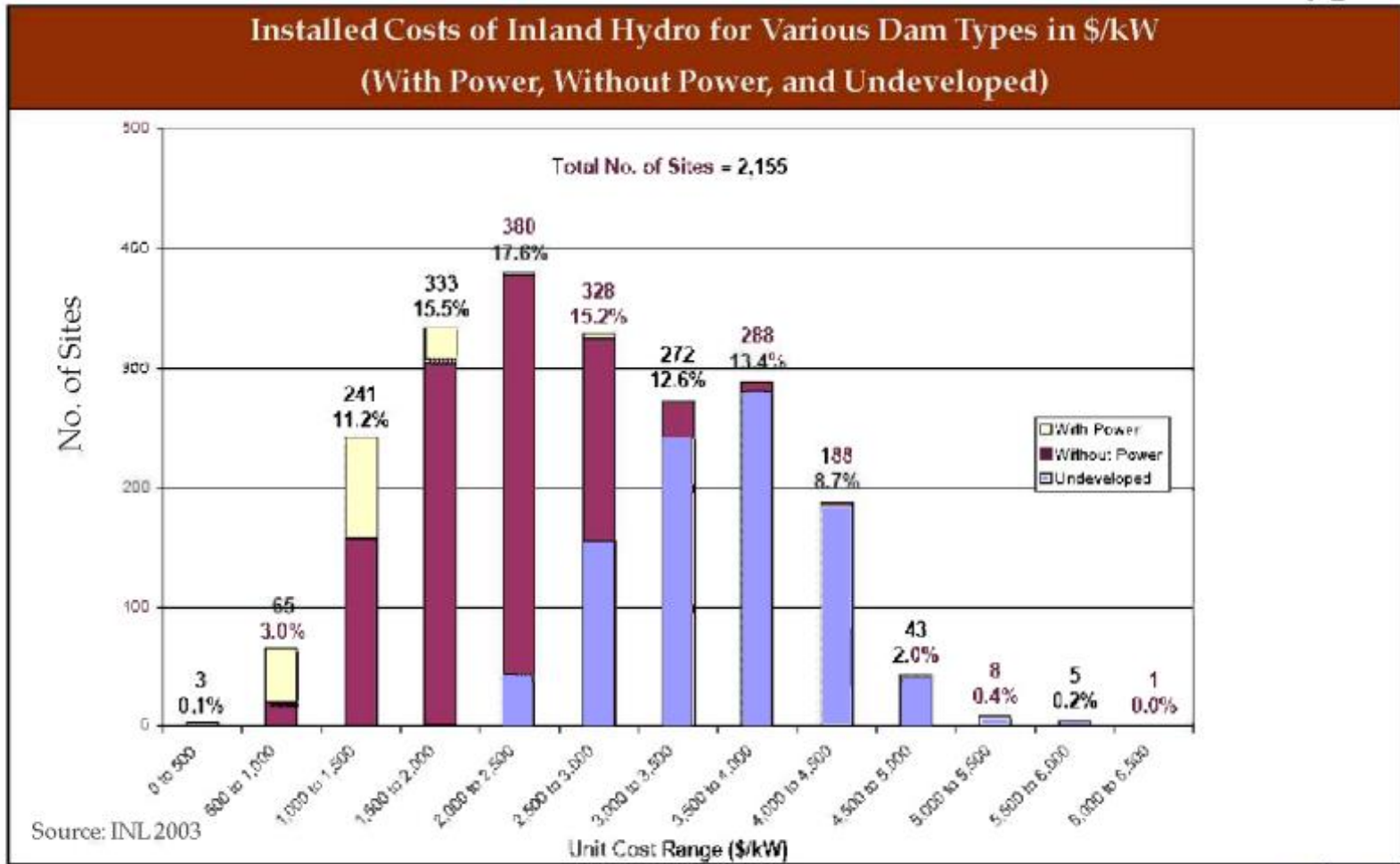
Installed costs can range broadly depending on the size and type of hydro project.

Costs and Growth Rates by Technology			
Hydropower Technology	MW Range	Installed Cost (\$/kW)	Discussion
Conventional Hydro (impoundment)	50 (avg)	\$1,000-\$5,000	<ul style="list-style-type: none"> • Conventional hydro is a mature technology, costs are expected to decline moderately in the future as commodity costs decline. • The cost to upgrade at a site with an existing dam can be <\$1,000/kW while small hydro can be as much as \$4,800/kW. • Higher costs likely for green field sites which require significant civil works.
Microhydro	<0.1	\$4,000-\$6,000	<ul style="list-style-type: none"> • The installed cost for low-impact hydro systems is not expected to decline in the near term.
Run of River (diversion)	~10	\$1,500 - \$6,000	<ul style="list-style-type: none"> • Similar to conventional impoundment hydro, installed costs for run of river can vary widely.
Hydrokinetic			<ul style="list-style-type: none"> • See Ocean Hydropower Cost section
Pumped Storage	>500	\$1,010 - \$4,500	<ul style="list-style-type: none"> • Traditional pumped storage is a mature technology, and costs are not expected to decline going forward. • The new underground pumped hydro technology has been quoted at \$2,000/kW and cost declines can be expected going forward, if the concept proves itself.

Source: INL 2003, Developer Interviews.

Appendix » Inland Hydro Costs

Inland hydro installed costs can range broadly depending on project characteristics. The chart below shows variation based on dam type.



Ejercicio 17

- Calcular el PP que podría representar la represa de Palmar con una tasa de 10 % y con un costo de O&M de 45 USD/kW/año. Se asume un pago por 30 años. Se asume un tiempo de construcción de 3 años. Se asume un factor de disponibilidad de 90 %.
 - Palmar es prácticamente una represa de pasada por lo que no hay que considerar expropiaciones de tierras asociadas con un lago.
 - Se pueden usar datos que se dispongan o consigan. Si se usa la información vista en clase, tomar como valor los que surgen de la moda de proyectos.