



Trabajo de final de grado

Adecuación de la producción energética de las centrales hidroeléctricas al cumplimiento de los caudales ecológicos en el río Turia

ANEJO 2: Obtención y cálculo de resultados.

Valencia, junio de 2019



Adecuación de la producción energética de las centrales hidroeléctricas al cumplimiento de los caudales ecológicos en el río Turia
ANEJO 2: Obtención y cálculo de resultados



Índice.

1.	Introducción.....	1
2.	Ámbito de estudio.....	1
3.	Cálculo de la potencia y la producción.....	2
4.	Valoración económica.....	3
5.	Rangos de turbinación.....	4
5.1.	Central hidroeléctrica de Castielfabib.....	5
5.2.	Central hidroeléctrica de Benagéber.....	7
5.3.	Central hidroeléctrica de saltos de Domeño.....	8
5.4.	Central hidroeléctrica de Loriguilla.....	11
5.5.	Central hidroeléctrica de Chulilla.....	13
5.6.	Central hidroeléctrica de Portlux.....	15
5.7.	Central hidroeléctrica de Gestalgar.....	17
5.8.	Central hidroeléctrica de Bugarra.....	19
5.9.	Central hidroeléctrica de Pedralba.....	20
5.10.	Central hidroeléctrica de La Pea.....	22
6.	Producción para cada una de las centrales.....	24
6.1.	Central hidroeléctrica de Castielfabib.....	24
6.2.	Central hidroeléctrica de Benagéber.....	25
6.3.	Central hidroeléctrica de saltos de Domeño.....	26
6.4.	Central hidroeléctrica de Loriguilla.....	28
6.5.	Central hidroeléctrica de Chulilla.....	29
6.6.	Central hidroeléctrica de Portlux.....	30
6.7.	Central hidroeléctrica de Gestalgar.....	32
6.8.	Central hidroeléctrica de Bugarra.....	33
6.9.	Central hidroeléctrica de Pedralba.....	34
6.10.	Central hidroeléctrica de La Pea.....	36
7.	Valoración económica.....	38
	REFERENCIAS.....	49



**Adecuación de la producción energética de las centrales hidroeléctricas al
cumplimiento de los caudales ecológicos en el río Turia**
ANEJO 2: Obtención y cálculo de resultados



Índice de Figuras.

Figura 1: Esquema de las centrales hidroeléctricas presentes en el río Turia.....	2
Figura 2: Fórmula para el cálculo de la potencia de una central hidroeléctrica.....	2
Figura 3: Distribución de las centrales por equipos.	4
Figura 4: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Castielfabib en su situación inicial.	5
Figura 5: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Castielfabib con caudales ecológico PHJ.	5
Figura 6: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Castielfabib con caudal ecológico futuro 1.	6
Figura 7: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Castielfabib con caudal ecológico futuro 2.	6
Figura 8: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Benagéber en su situación inicial.	7
Figura 9: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Benagéber con caudales ecológico PHJ.	7
Figura 10: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Benagéber con caudal ecológico futuro 1.	8
Figura 11: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Benagéber con caudal ecológico futuro 2.	8
Figura 12: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de saltos de Domeño en su situación inicial.	9
Figura 13: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de saltos de Domeño con caudal ecológico PHJ.	9
Figura 14: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de saltos de Domeño con caudal ecológico futuro 1.	10
Figura 15: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de saltos de Domeño con caudal ecológico futuro 2.	10
Figura 16: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Loriguilla para la situación inicial.	11
Figura 17: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Loriguilla con caudal ecológico PHJ 2015.	11
Figura 18: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Loriguilla con caudal ecológico futuro 1.	12
Figura 19: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Loriguilla con caudal ecológico futuro 2.	12
Figura 20: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Chulilla para la situación inicial.	13
Figura 21: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Chulilla con caudal ecológico PHJ.	13
Figura 22: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Chulilla con caudal ecológico futuro 1.	14
Figura 23: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Chulilla con caudal ecológico futuro 2.	14
Figura 24: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Portlux para la situación inicial.	15

Figura 25: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Portlux con caudal ecológico PHJ 2015.....	15
Figura 26: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Portlux con caudal ecológico futuro 1.....	16
Figura 27: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Portlux con caudal ecológico 2.....	16
Figura 28: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Gestalgar para la situación inicial.....	17
Figura 29: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Gestalgar con caudal ecológico PHJ 2015.....	17
Figura 30: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Gestalgar con caudal ecológico futuro 1.....	18
Figura 31: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Gestalgar con caudal ecológico futuro 2.....	18
Figura 32: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Bugarra para la situación inicial.....	19
Figura 33: Rango de turbinación para la central hidsroeléctrica de Bugarra con caudal ecológico PHJ 2015.....	19
Figura 34: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Pedralba para la situación inicial.....	20
Figura 35: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Pedralba con caudal ecológico PHJ 2015.....	20
Figura 36: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Pedralba con caudal ecológico futuro 1.....	21
Figura 37: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Pedralba con caudal ecológico futuro 2.....	21
Figura 38: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de La Pea para la situación inicial.....	22
Figura 39: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de La Pea con caudal ecológico PHJ 2015.....	22
Figura 40: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de La Pea con caudal ecológico futuro 1.....	23
Figura 41: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de La Pea con caudal ecológico futuro 2.....	23
Figura 42: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Castielfabib.....	38
Figura 43: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios en la central ce Castielfabib.....	39
Figura 44: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Benagéber.....	39
Figura 45: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios en la central de Benagéber.....	40
Figura 46: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Saltos de Domeño.....	40

Figura 47: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios en la central de Saltos de Domeño.	41
Figura 48: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Loriguilla.	41
Figura 49: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios en la central de Loriguilla.	42
Figura 50: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Chulilla.	42
Figura 51: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios en la central de Chulilla.	43
Figura 52: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios de la central de Portlux.	43
Figura 53: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios de la central de Portlux.	44
Figura 54: Gráfico de la reducción de ingresos para los distintos escenarios de la central de Gestalgar.	44
Figura 55: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios de la central de Gestalgar.	45
Figura 56: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios de la central de Bugarra.	45
Figura 57: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios de la central de Bugarra.	46
Figura 58: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios de la central de Pedralba.	46
Figura 59: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Pedralba.	47
Figura 60: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de La Pea.	47
Figura 61: Gráfica para la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios de la central de La Pea.	48

Índice de tablas.

Tabla 1: Producciones para la central de Castielfabib en situación inicial.	24
Tabla 2: Producciones para la central de Castielfabib con caudal ecológico PHJ 2015..	24
Tabla 3: Producciones para la central de Castielfabib con caudal ecológico futuro 1. ..	24
Tabla 4: Producciones para la central de Castielfabib con caudal ecológico futuro 2. ..	25
Tabla 5: Producciones para la central de Benagéber en situación inicial.....	25
Tabla 6: Producciones para la central de Benagéber con caudal ecológico PHJ 2015.	25
Tabla 7: Producciones para la central de Benagéber con caudal ecológico futuro 1.....	26
Tabla 8: Producciones para la central de Benagéber con caudal ecológico futuro 2.....	26
Tabla 9: Producciones para la central de Saltos de Domeño en situación inicial.	26
Tabla 10: Producciones para la central de Saltos de Domeño con caudal ecológico PHJ 2015.....	27
Tabla 11: Producciones para la central de Saltos de Domeño con caudal ecológico futuro 1.....	27
Tabla 12: Producciones para la central de Saltos de Domeño con caudal ecológico futuro 2.....	27
Tabla 13: Producciones para la central de Loriguilla en situación inicial.....	28
Tabla 14: Producciones para la central de Loriguilla con caudal ecológico PHJ 2015. ..	28
Tabla 15: Producciones para la central de Loriguilla con caudal ecológico futuro 1.....	28
Tabla 16: Producciones para la central de Loriguilla con caudal ecológico futuro 2.....	29
Tabla 17: Producciones para la central de Chulilla en situación inicial.	29
Tabla 18: Producciones para la central de Chulilla con caudal ecológico PHJ 2015.	29
Tabla 19: Producciones para la central de Chulilla con caudal ecológico futuro 1.	30
Tabla 20: Producciones para la central de Chulilla con caudal ecológico futuro 2.	30
Tabla 21: Producciones para la central de Portlux en situación inicial.	30
Tabla 22: Producciones para la central de Portlux con caudal ecológico PHJ 2015.	31
Tabla 23: Producciones para la central de Portlux con caudal ecológico futuro 1.	31
Tabla 24: Producciones para la central de Portlux con caudal ecológico futuro 2.	31
Tabla 25: Producciones para la central de Gestalgar en situación inicial.	32
Tabla 26: Producciones para la central de Gestalgar con caudal ecológico PHJ 2015.....	32
Tabla 27: Producciones para la central de Gestalgar con caudal ecológico futuro 1.	32
Tabla 28: Producciones para la central de Gestalgar con caudal ecológico futuro 2.	33
Tabla 29: Producciones para la central de Bugarra en situación inicial.	33
Tabla 30: Producciones para la central de Bugarra con caudal ecológico PHJ 2015.	33
Tabla 31: Producciones para la central de Bugarra con caudal ecológico futuro 1.	34
Tabla 32: Producciones para la central de Bugarra con caudal ecológico 2.	34
Tabla 33: Producciones para la central de Pedralba en situación inicial.	34
Tabla 34: Producciones para la central de Pedralba con caudal ecológico PHJ 2015.....	35
Tabla 35: Producciones para la central de Pedralba con caudal ecológico futuro 1.....	35
Tabla 36: Producciones para la central de Pedralba con caudal ecológico futuro 2.....	35
Tabla 37: Producciones para la central de La Pea en situación inicial.	36
Tabla 38: Producciones para la central de La Pea con caudal ecológico PHJ 2015.....	36
Tabla 39: Producciones para la central de La Pea con caudal ecológico futuro 1.	36
Tabla 40: Producciones para la central de La Pea con caudal ecológico futuro 2.....	37

1. Introducción.

En este anejo, se emplean los datos previos recolectados en el estudio para la observación, cálculo y obtención de resultados. Se pretende mediante la información medioambiental, hidrológica e hidroeléctrica, establecer unos rangos de turbinación para cada una de las centrales hidroeléctricas del río Turia, con el objetivo de calcular la producción potencial que tendrán estas centrales en los distintos escenarios propuestos y así obtener una aproximación del lucro cesante que se producirá sobre cada central.

La obtención de estos resultados es la que ayudará a tomar decisiones sobre las masas de agua, propuestas de mejora y llegar a una situación de acuerdo entre el estado ecológico de las masas de agua y la producción de energía por los aprovechamientos hidroeléctricos del sistema Turia.

Empleando una serie estadística de los caudales diarios de los últimos 30 años, se estimará cuáles son los rangos de turbinación de cada central hidroeléctrica para cada uno de los escenarios que se plantean. Esto será posible empleando la propia serie estadística de caudales y los datos hidroeléctricos y medioambientales que condicionan la producción de la central.

Conocidos los rangos que limitan la turbinación de las centrales hidroeléctricas se calculará su producción anual para la serie dada, y posteriormente se evaluará económicamente el lucro cesante que se producirá con la implantación de los distintos caudales ecológicos propuestos para los diferentes escenarios.

2. Ámbito de estudio.

En este estudio está centrado en el análisis del sistema de explotación Turia y los aprovechamientos hidroeléctricos que trabajan produciendo energía a lo largo de dicho río. Este sistema de explotación se sitúa aproximadamente en el centro de la *Cuenca Hidrográfica del Júcar* (CHJ), iniciándose en la provincia de Teruel y terminando en su desembocadura en la provincia de Valencia.

El sistema de explotación Turia incluye la cuenca propia del río Turia, así como la de los barrancos de Carraixet y poyo, y las subcuencas litorales comprendidas entre el límite norte del término municipal de Puçol y la gola de El Saler. El río Turia nace en la muela de San Juan, provincia de Teruel, conociéndose también, hasta su confluencia con el Alfambra, con el nombre de Guadalaviar. Aparte del ya mencionado Alfambra, sus afluentes son: Camarena, Riodeva, Arcos y Tuérjar por la izquierda y Ebrón, Vallanca y Sot por la derecha. La superficie total comprendida por el sistema de explotación es de 7.7240 km². (PHJ)

En el sistema de explotación se localizan distintas centrales hidroeléctricas cuyo funcionamiento no altera los caudales a escala mensual. Sin embargo, la central de Domeño constituye una excepción, ya que se deriva el agua por el canal de Campo de Turia y se reintegra al río Turia tras el salto situado en cola del embalse de Loriguilla.

Aunque no supone un uso consuntivo influye en el caudal ambiental entre los embalses de Benagéber y Loriguilla.

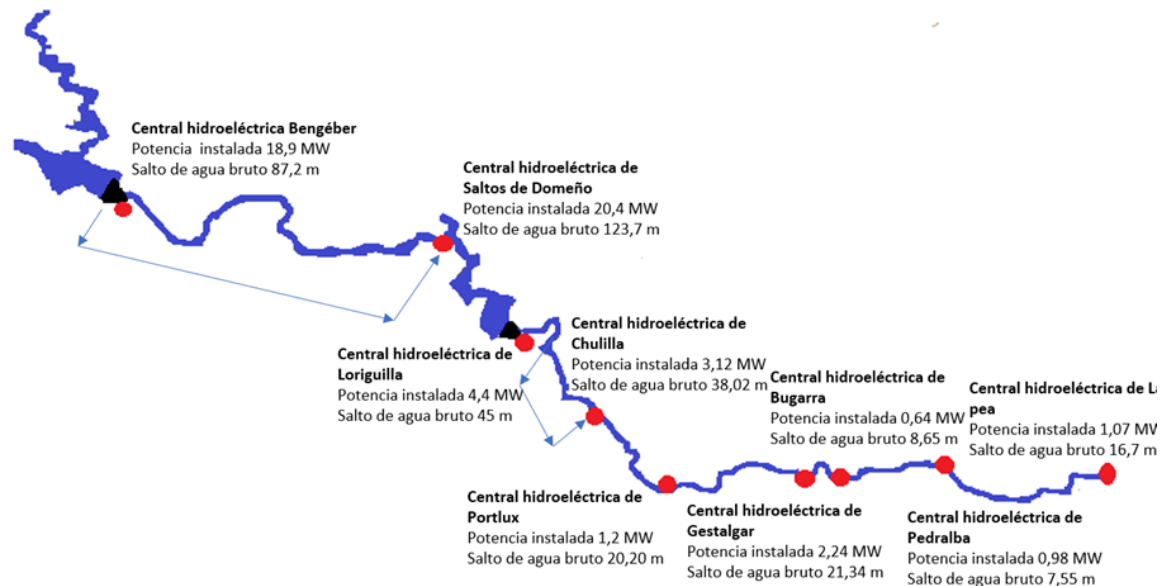


Figura 1: Esquema de las centrales hidroeléctricas presentes en el río Turia.

3. Cálculo de la potencia y la producción.

Durante la simulación para los distintos escenarios planteados en el punto anterior, se ha calculado la potencia potencial producida por cada uno de los distintos escenarios para la serie estadística de datos de los 30 años. Para el cálculo de la potencia de la serie de datos de ha empleado la siguiente fórmula:

$$Pe(W) = \rho \cdot 9.81 \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_m \cdot Q \cdot H$$

- Pe = potencia en vatios (W)
- ρ = densidad del fluido en kg/m^3 (agua $1,000 \text{ kg/m}^3$)
- η_t = rendimiento de la turbina hidráulica (entre 0.75 y 0.94)
- η_g = rendimiento del generador eléctrico (entre 0.92 y 0.97)
- η_m = rendimiento mecánico del acoplamiento turbina alternador (0.95/0.99)
- Q = caudal turbinable en m^3/s
- H = desnivel neto disponible en la presa entre aguas arriba y aguas abajo, en metros (m)

Figura 2: Fórmula para el cálculo de la potencia de una central hidroeléctrica.

Dónde se ha calculado la potencia para cada uno de los datos de caudal de la serie de 30 años, asignándole unos coeficientes estimados (η_t, η_g, η_m), dentro de los parámetros establecidos, y empleando el salto propio de la central hidroeléctrica en cuestión (H).

Una vez se ha obtenido la potencia para cada uno de los caudales, teniendo en cuenta que los caudales superiores al caudal máximo de turbinación $Q = Q_{\text{máx}}$, y que en los caudales que sean inferior al caudal mínimo de turbinación $Q = 0$, se obtiene la producción. Para esto, empleando la fórmula de probabilidad empírica de Weibull, se extrae la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los caudales de la serie de 30 años, y se multiplicarán por las horas que tiene un año, con el fin de obtener la probabilidad de ocurrencia horaria de cada caudal para un año potencial. De esta forma, el producto entre la potencia para cada uno de los caudales de la serie empírica de 30 años y la probabilidad de ocurrencia de cada uno de estos en un año potencial proporcionará la producción para cada uno de los caudales estudiados.

Estudiando los distintos escenarios, es importante calcular la producción anual potencial, la producción máxima potencial y el factor de uso de cada uno de estos escenarios. Para obtener la producción anual potencial, se realizará un sumatorio de las producciones calculadas anteriormente para cada uno de los caudales. La producción máxima potencial se obtendrá con el producto de la producción máxima de la serie y las horas totales de un año ($365 \text{ años} \times 24 \text{ horas}$). Y el factor de uso será el cociente entre la producción anual potencial y la producción máxima potencial, multiplicado todo por 100 si se quiere obtener el valor porcentual.

4. Valoración económica.

Una vez se tenga los distintos escenarios posibles, se calcula la potencia diaria para cada caudal de la distribución de caudales de 30 años, teniendo en cuenta los caudales máximos turbinables, los mínimos turbinables y los caudales ecológicos. Sabiendo cada potencia, y multiplicando cada una de las potencias para cada caudal, por su probabilidad de ocurrencia por horas en un año, se calcula la producción para cada uno de los caudales. Y finalmente, sumando todas las producciones, se tendrá la producción anual potencial de cada central para cada escenario. Con esto se estima la repercusión económica sobre cada una de las centrales en los diferentes escenarios planteados.

Para el análisis de las distintas centrales se ha realizado una división por equipos de centrales, motivada por las características comunes tales como, pertenecer a la misma masa de agua, tener el mismo caudal ecológico, encontrarse consecutivamente y próximas a lo largo de la masa de agua tipo río. En la siguiente figura se muestra como están divididas las centrales hidroeléctricas:

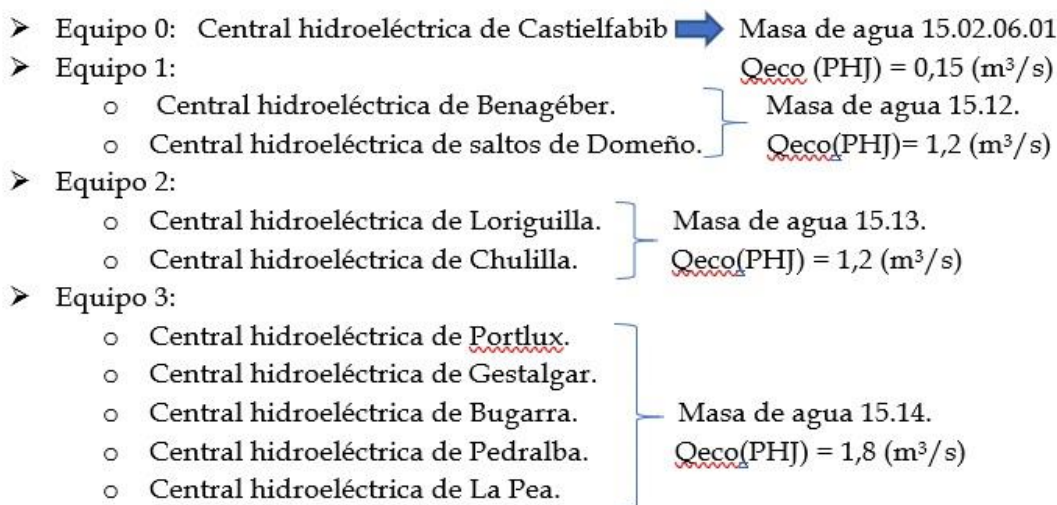


Figura 3: Distribución de las centrales por equipos.

Esta división, nos ayudará a discernir sobre cuáles son las mejores soluciones a adoptar para cada masa de agua, es decir, que masa de agua es más susceptible de variar el caudal ecológico, así como establecer que caudal sería el óptimo para no verse en excesivo perjuicio la empresa tanto como poder mejorar el estado ecológico del río.

Para cada uno de los equipos, se estimará cual es la reducción de ingresos producida para el conjunto de todas las centrales en cada uno de los escenarios estudiados. Es decir, el fin es valorar cuanto se reducen las ganancias de cada uno de los equipos de centrales hidroeléctricas con cada una de las subidas de caudal ecológico que se realice a la masa de agua tipo río donde se encuentran.

Para la estimación del lucro cesante de las centrales, se ha obtenido un precio medio del MWh empleando los precios medios anuales de los últimos 6 años proporcionados por la información de la CHJ. Asignándole estos precios a las producciones calculadas se obtienen las ganancias para cada escenario.

5. Rangos de turbinación.

Ahora se expondrán los distintos rangos de turbinación que se estiman para cada una de las centrales en los distintos escenarios planteados. Estos rangos de turbinación se han calculado empleando los datos hidroeléctricos como caudal máximo turbinable y caudal mínimo turbinable de cada central, así como los datos de caudales ecológicos actuales y futuros que se exponen.

5.1. Central hidroeléctrica de Castielfabib.

➤ Para la situación inicial:

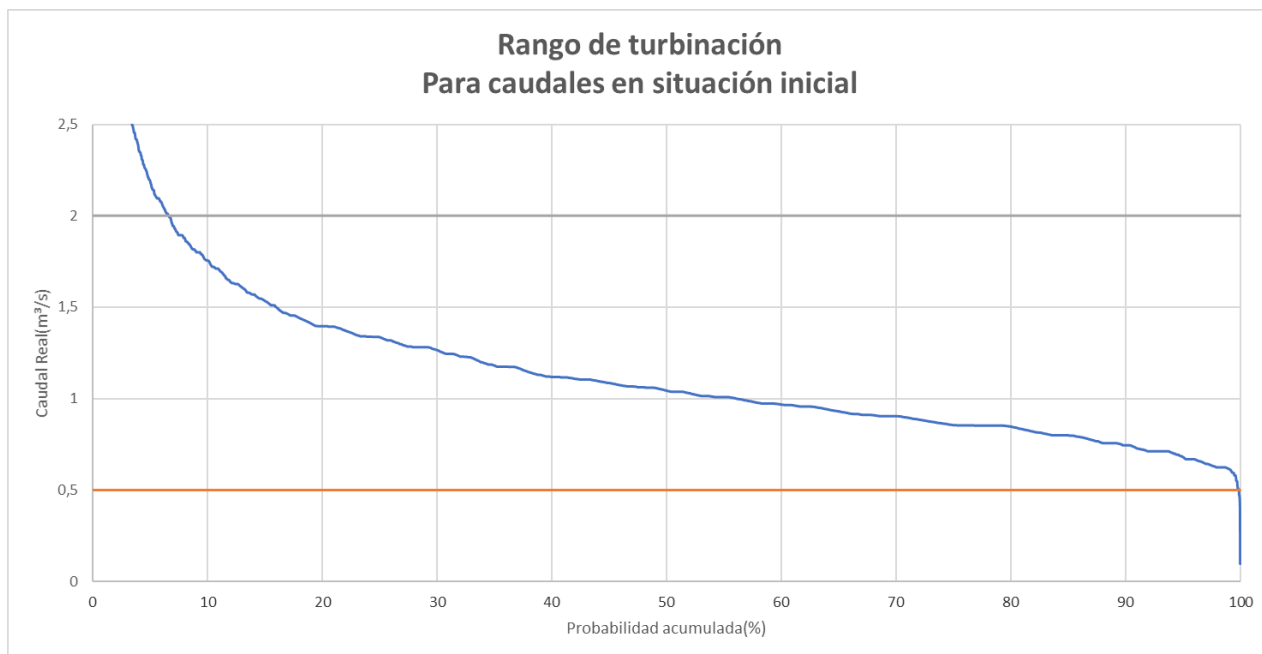


Figura 4: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Castielfabib en su situación inicial.

➤ Para los caudales ecológicos fijados en el PHJ 2015

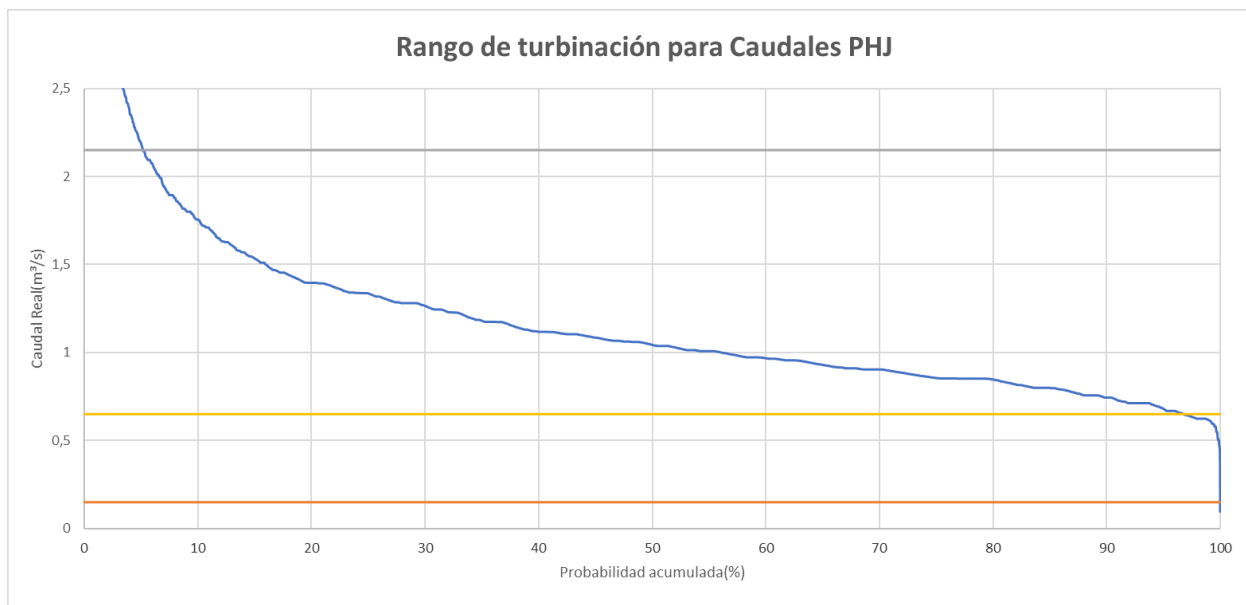


Figura 5: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Castielfabib con caudales ecológico PHJ.

➤ Para caudal ecológico futuro 1:

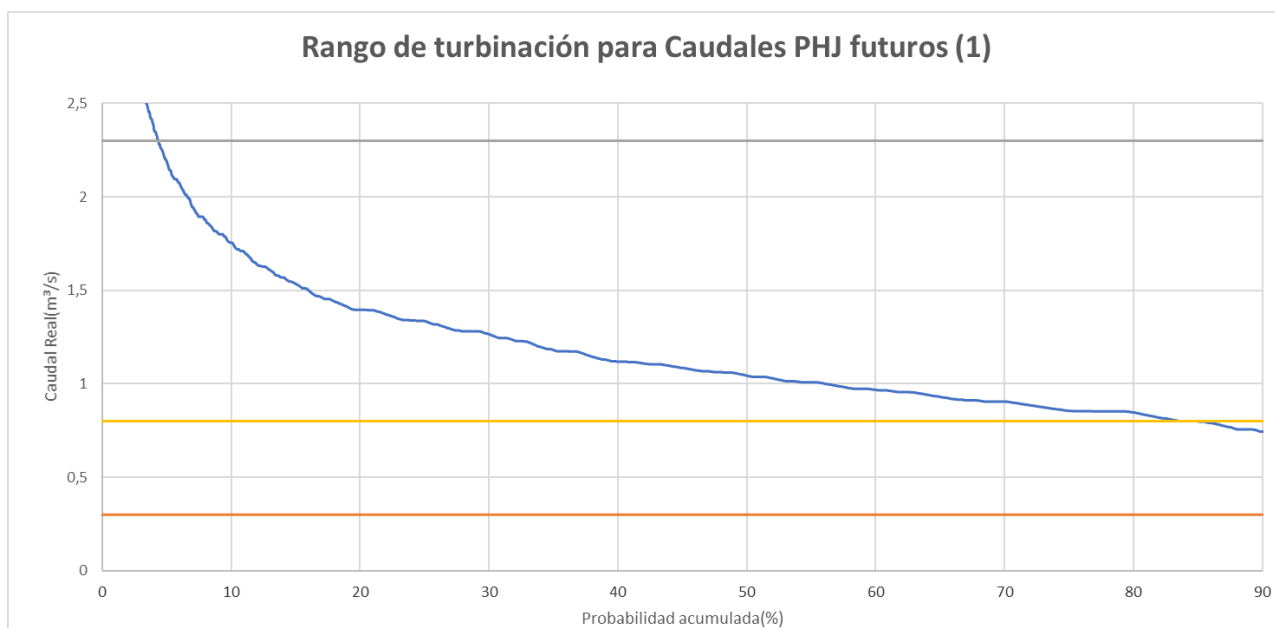


Figura 6: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Castielfabib con caudal ecológico futuro 1.

➤ Para caudal ecológico futuro 2.

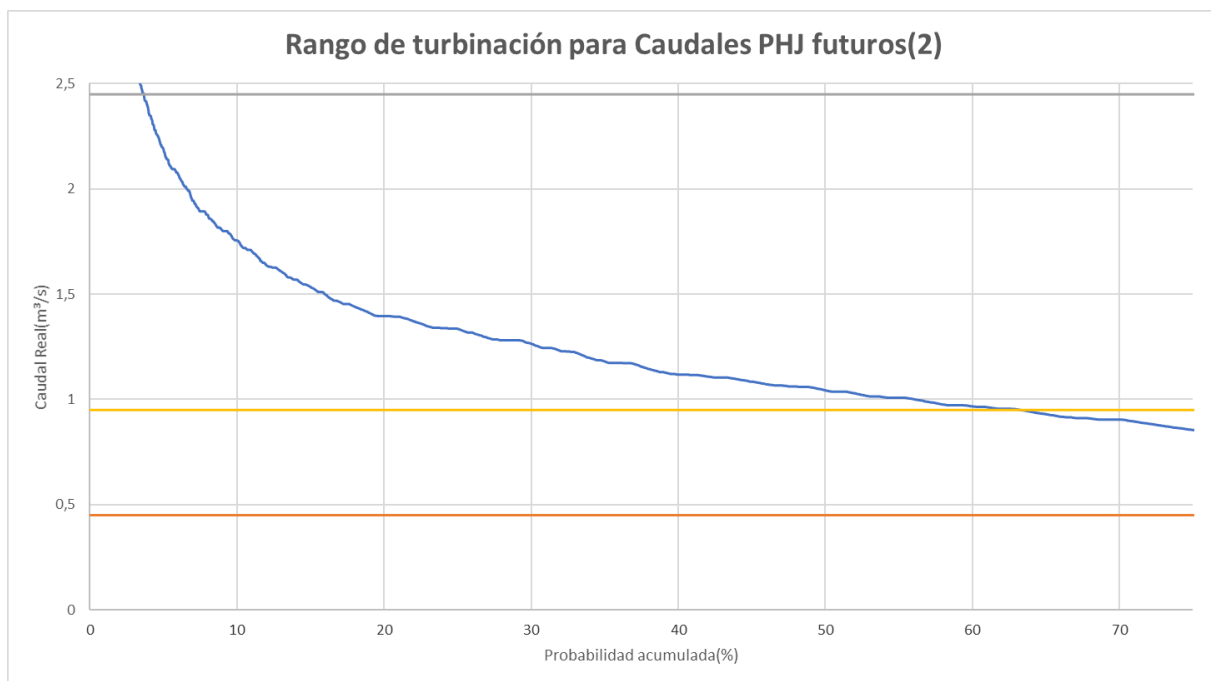


Figura 7: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Castielfabib con caudal ecológico futuro 2.

5.2. Central hidroeléctrica de Benagéber.

➤ Para la situación inicial:

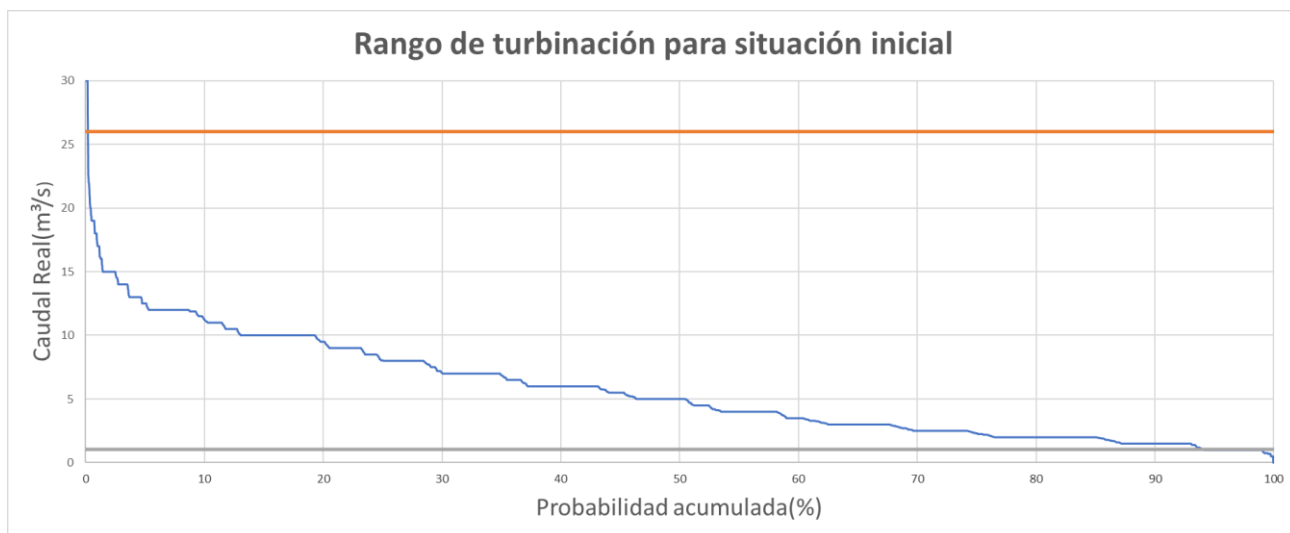


Figura 8: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Benagéber en su situación inicial.

➤ Para caudales ecológicos fijados en el PHJ 2015:

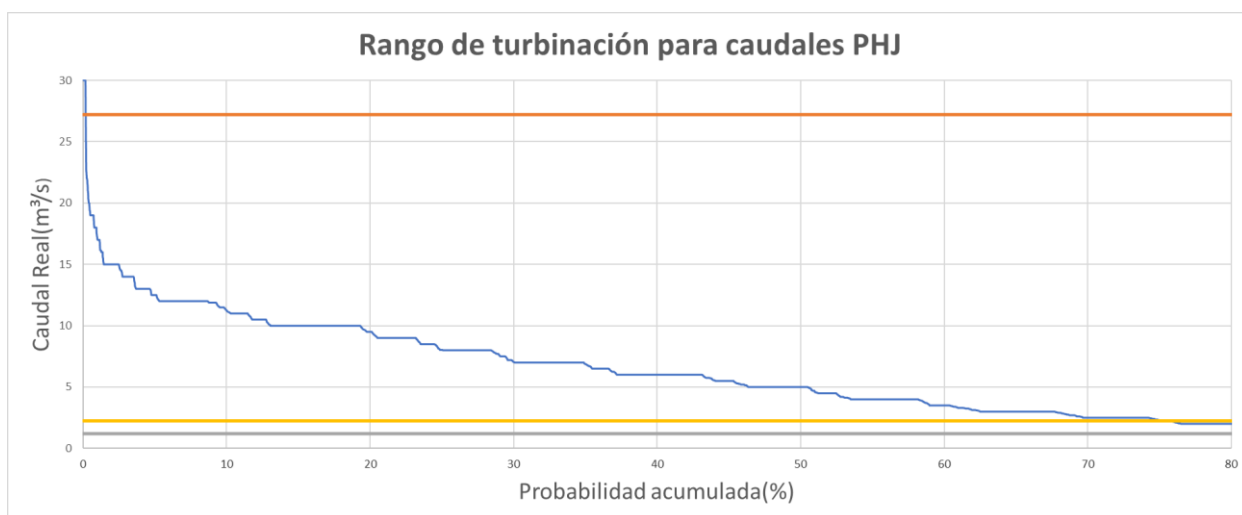


Figura 9: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Benagéber con caudales ecológico PHJ.

- Para caudal ecológico futuro 1:

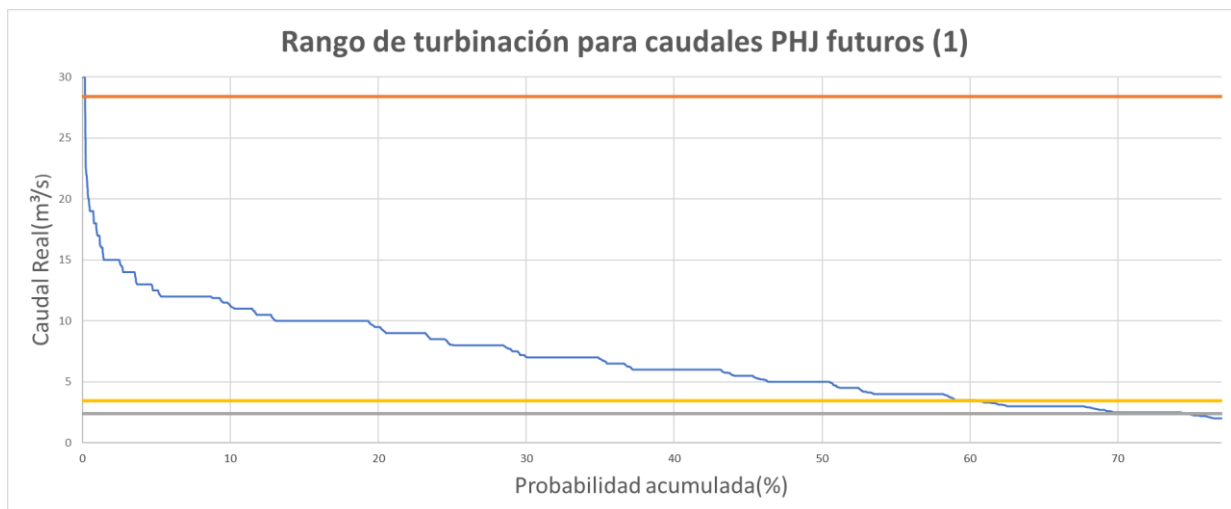


Figura 10: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Benagéber con caudal ecológico futuro 1.

- Para caudal ecológico futuro 2:

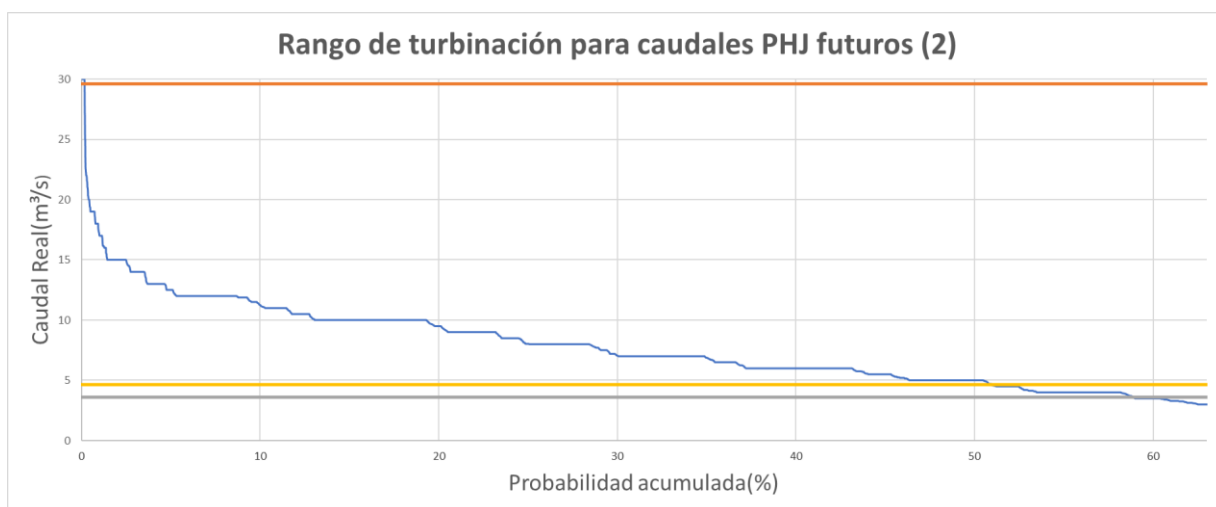


Figura 11: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Benagéber con caudal ecológico futuro 2.

5.3. Central hidroeléctrica de saltos de Domeño.

- Para la situación inicial:

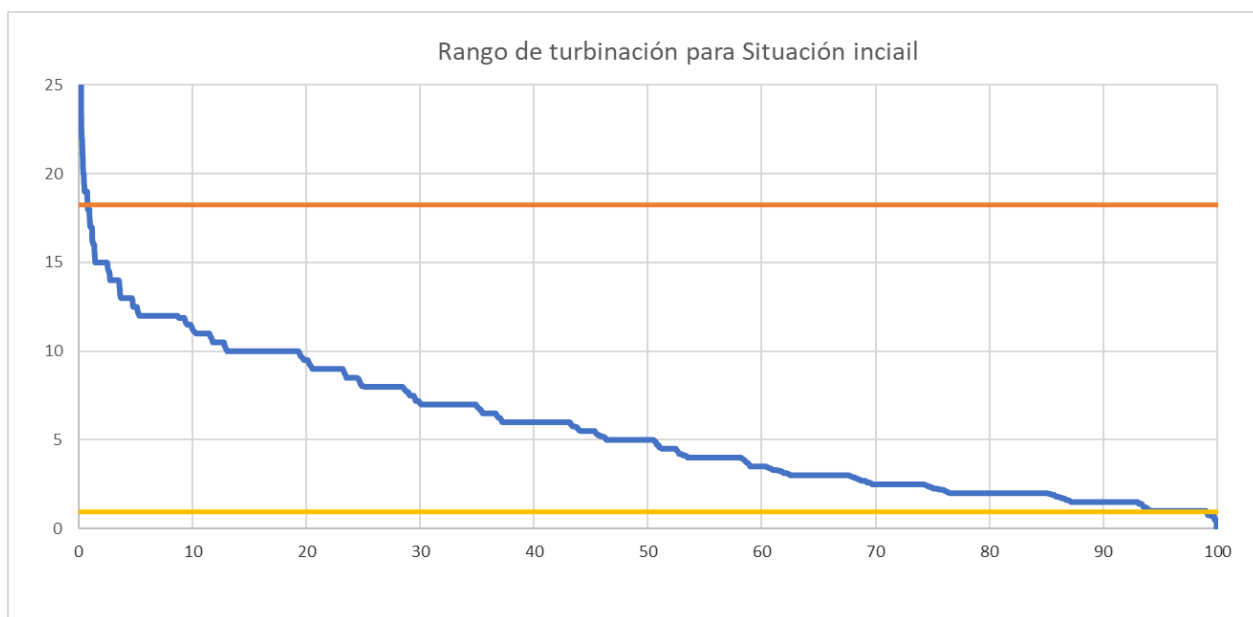


Figura 12: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de saltos de Domeño en su situación inicial.

➤ Para caudales ecológicos fijados en la PHJ 2015:

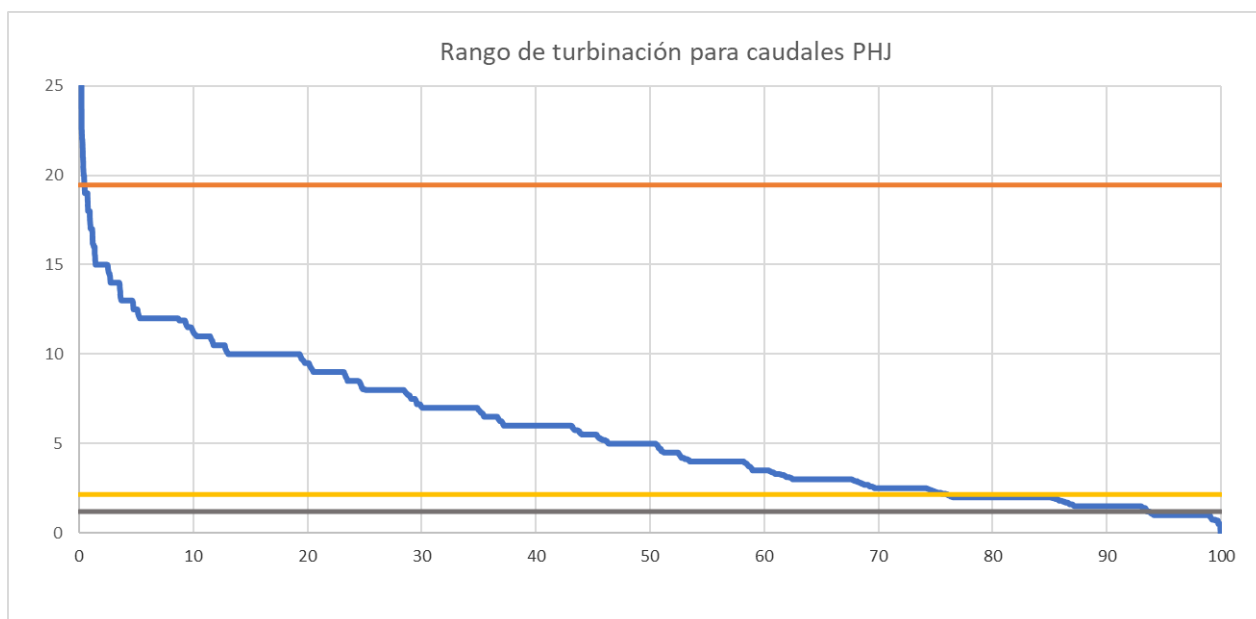


Figura 13: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de saltos de Domeño con caudal ecológico PHJ.

- Para caudal ecológico futuro 1:

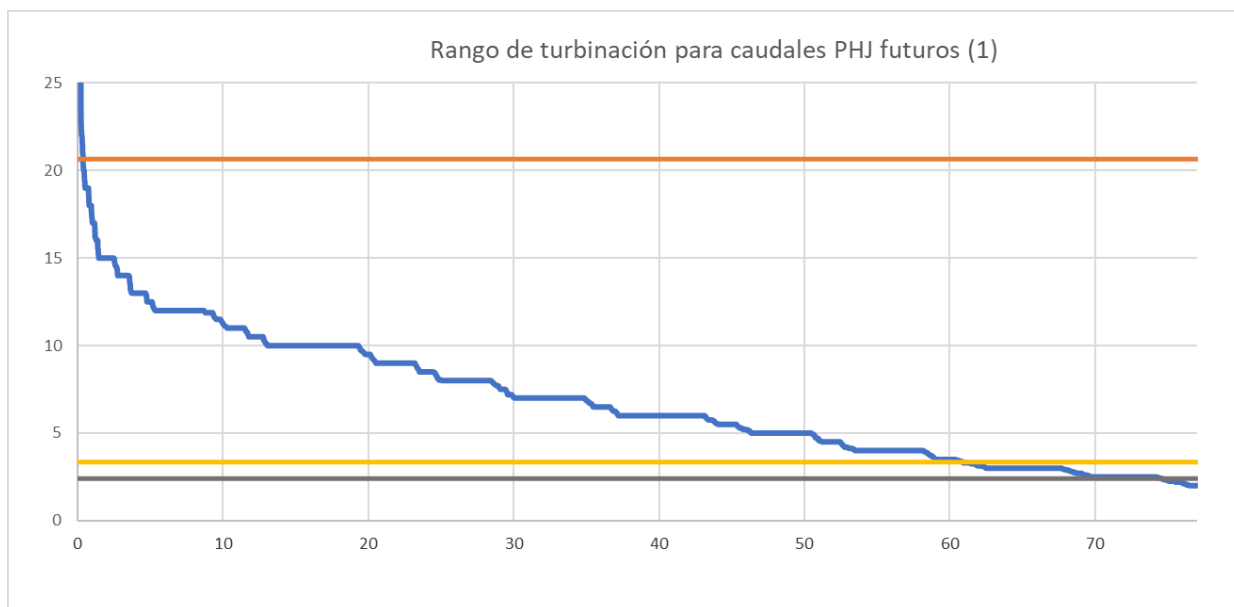


Figura 14: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de saltos de Domeño con caudal ecológico futuro 1.

- Para caudal ecológico futuro 2:

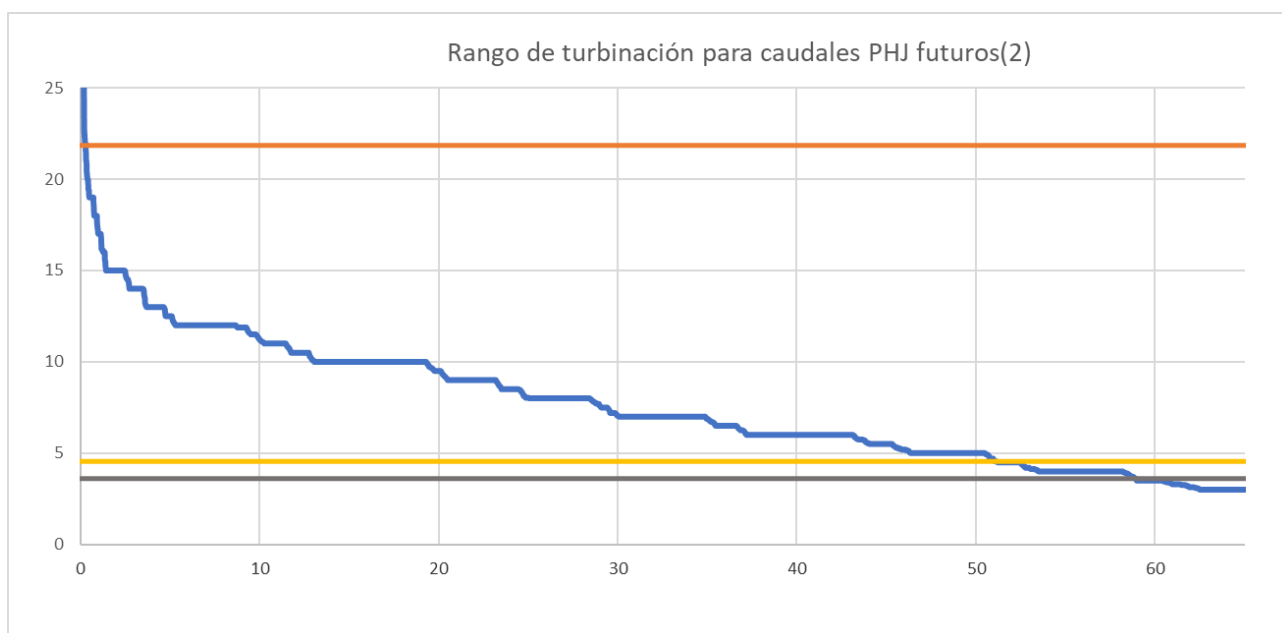


Figura 15: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de saltos de Domeño con caudal ecológico 2.

5.4. Central hidroeléctrica de Loriguilla.

- Para situación inicial:

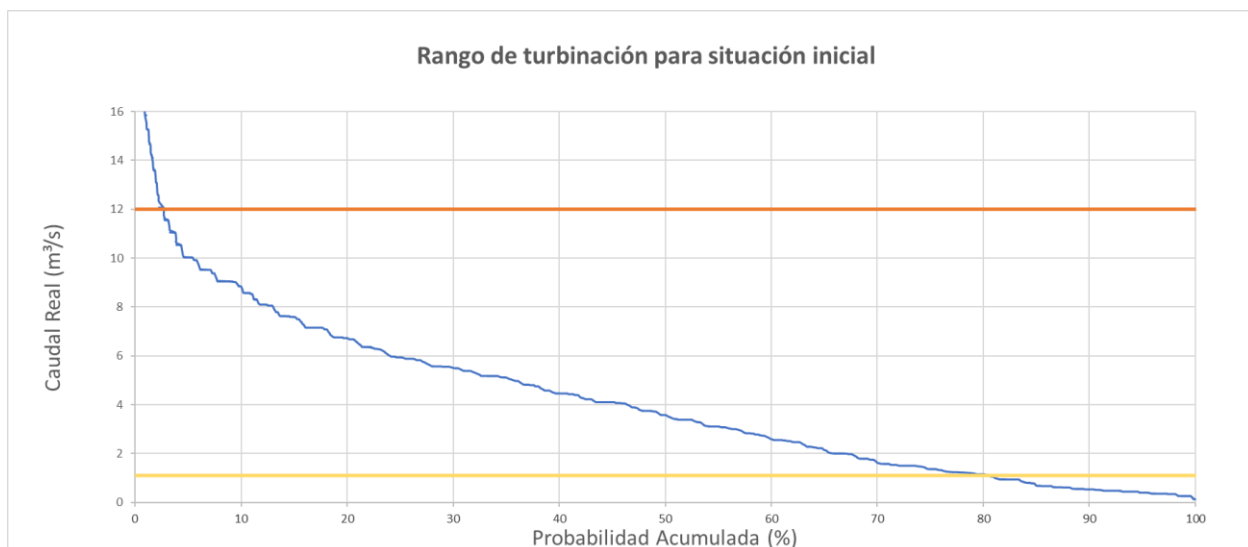


Figura 16: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Loriguilla para la situación inicial.

- Para caudal ecológico fijado por la PHJ 2015:

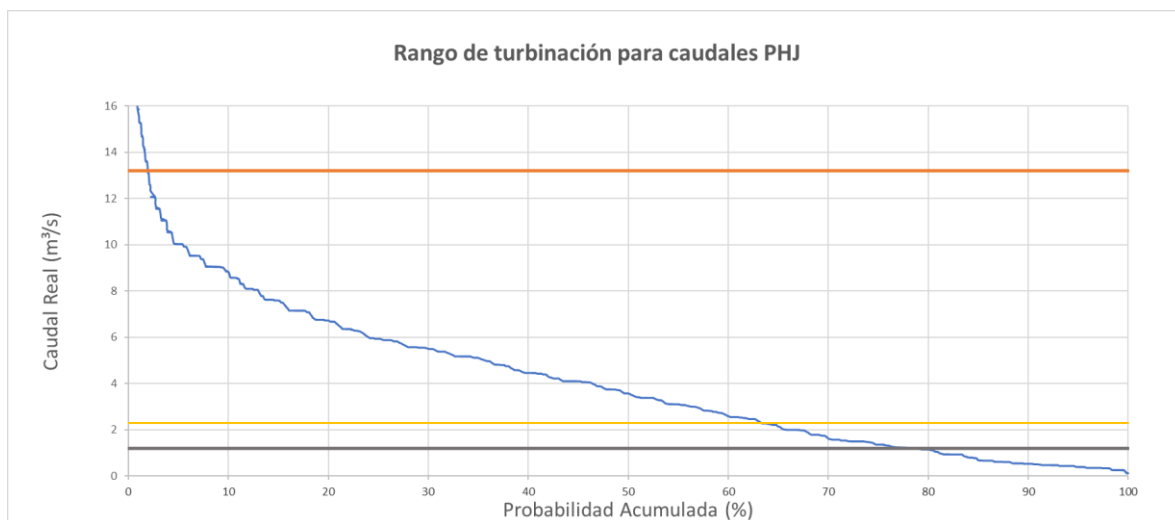


Figura 17: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Loriguilla con caudal ecológico PHJ 2015.

- Para caudal ecológico futuro 1:

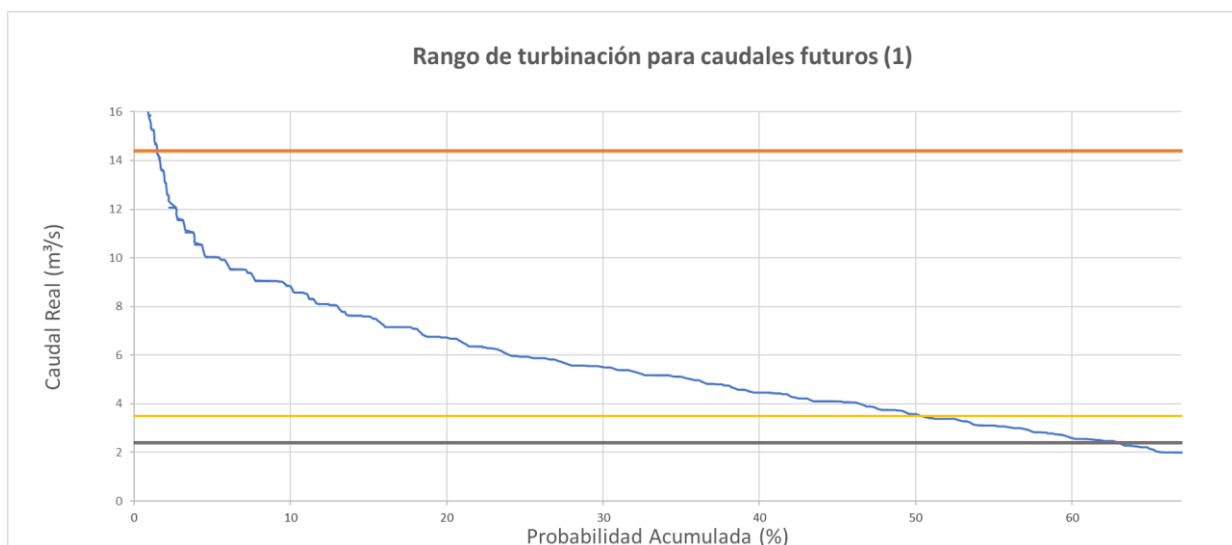


Figura 18: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Loriguilla con caudal ecológico futuro 1.

- Para caudal ecológico futuro 2:

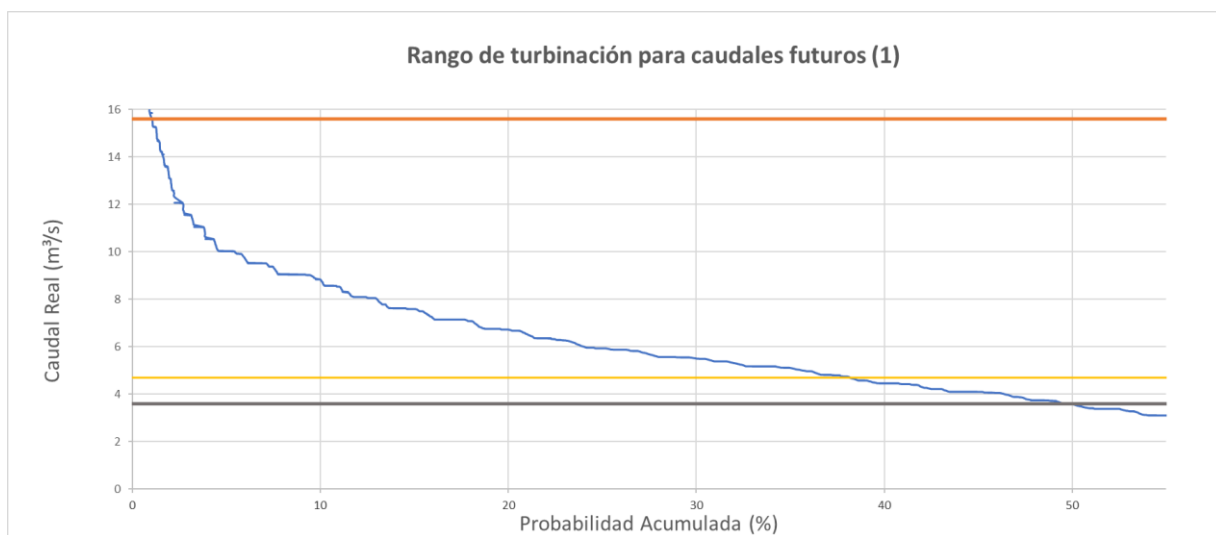


Figura 19: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Loriguilla con caudal ecológico futuro 2.

5.5. Central hidroeléctrica de Chulilla.

- Para situación inicial:

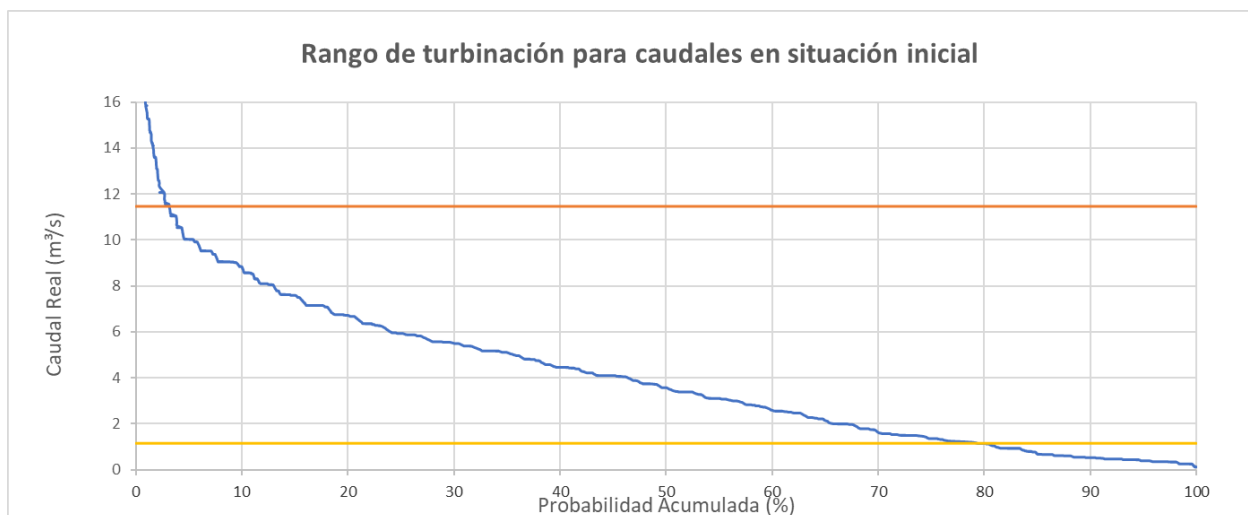


Figura 20: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Chulilla para la situación inicial.

- Para caudal ecológico fijado por la PHJ 2015:

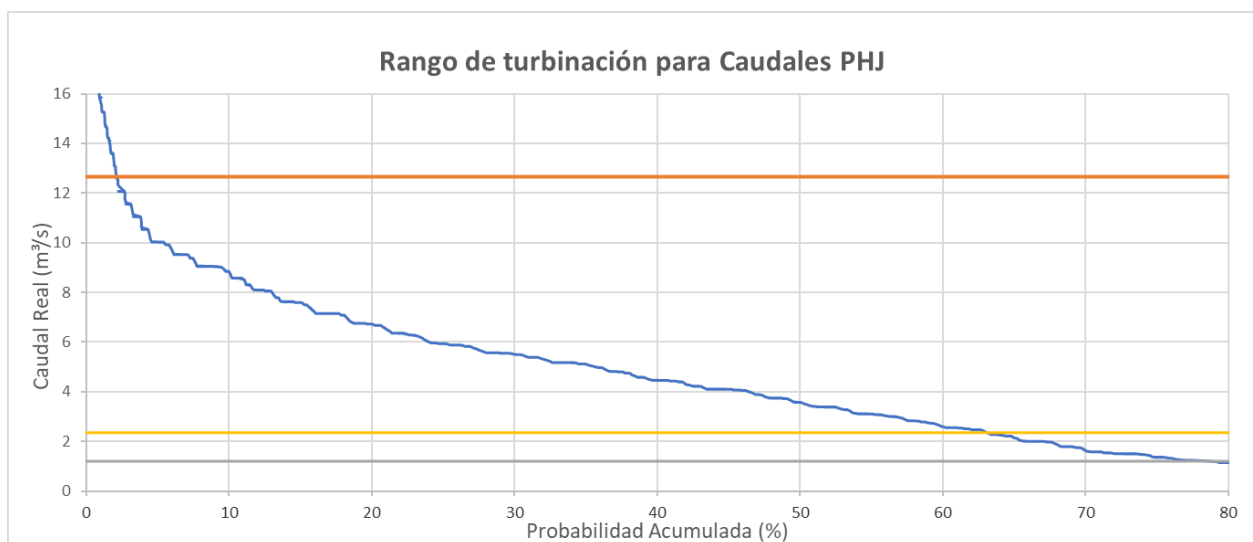


Figura 21: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Chulilla con caudal ecológico PHJ.

➤ Para caudal ecológico futuro 1:

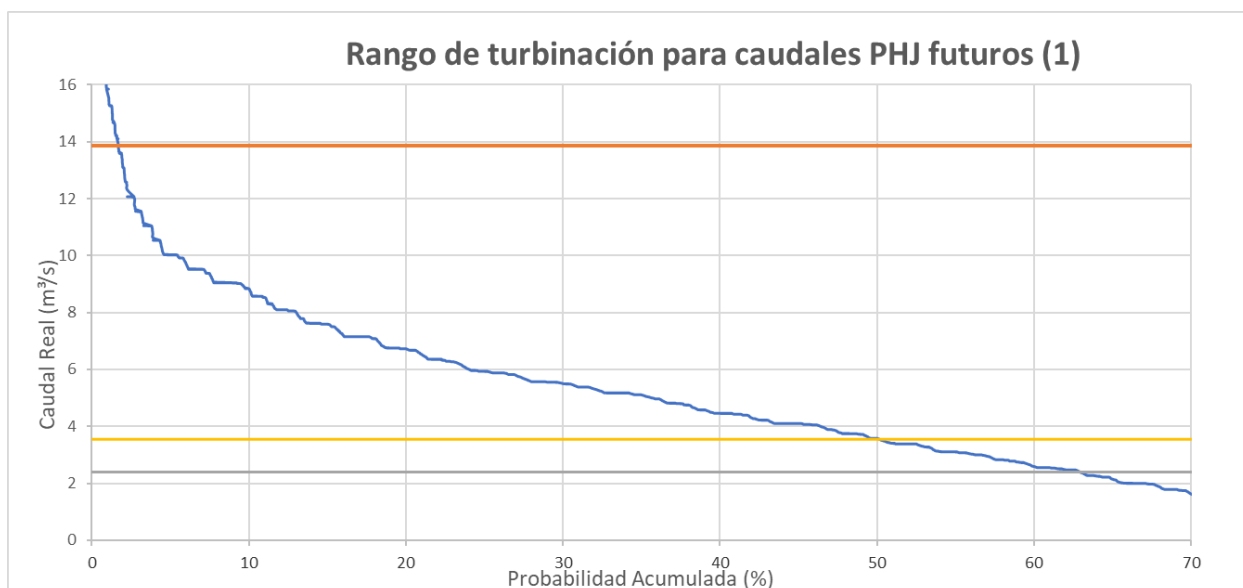


Figura 22: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Chulilla con caudal ecológico futuro 1.

➤ Para caudal ecológico futuro 2:

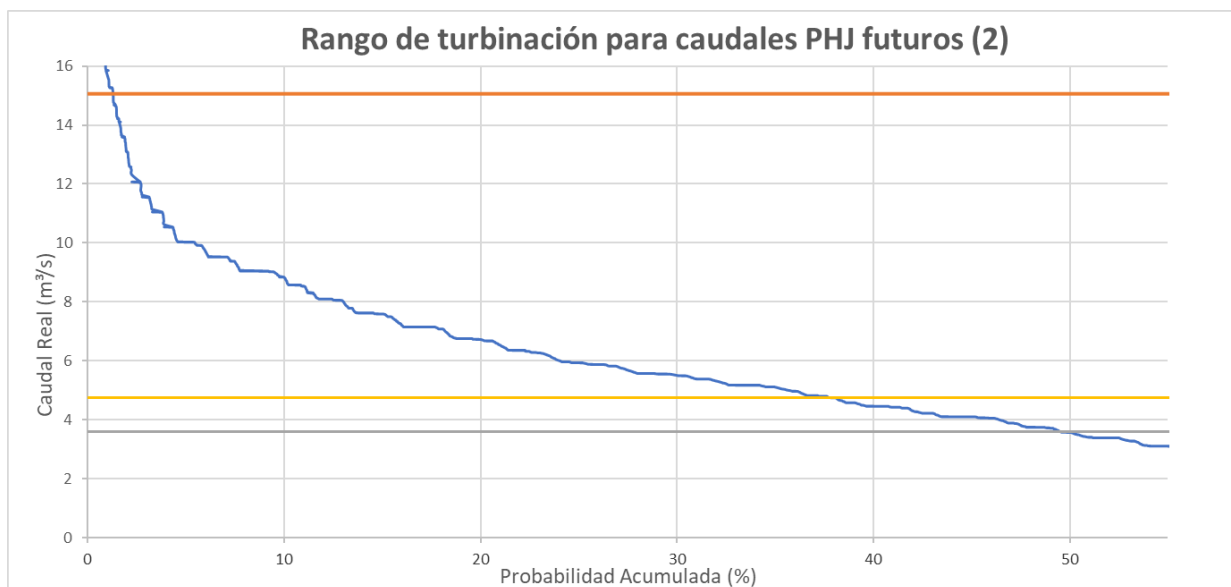


Figura 23: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Chulilla con caudal ecológico futuro 2.

5.6. Central hidroeléctrica de Portlux.

➤ Para situación inicial:

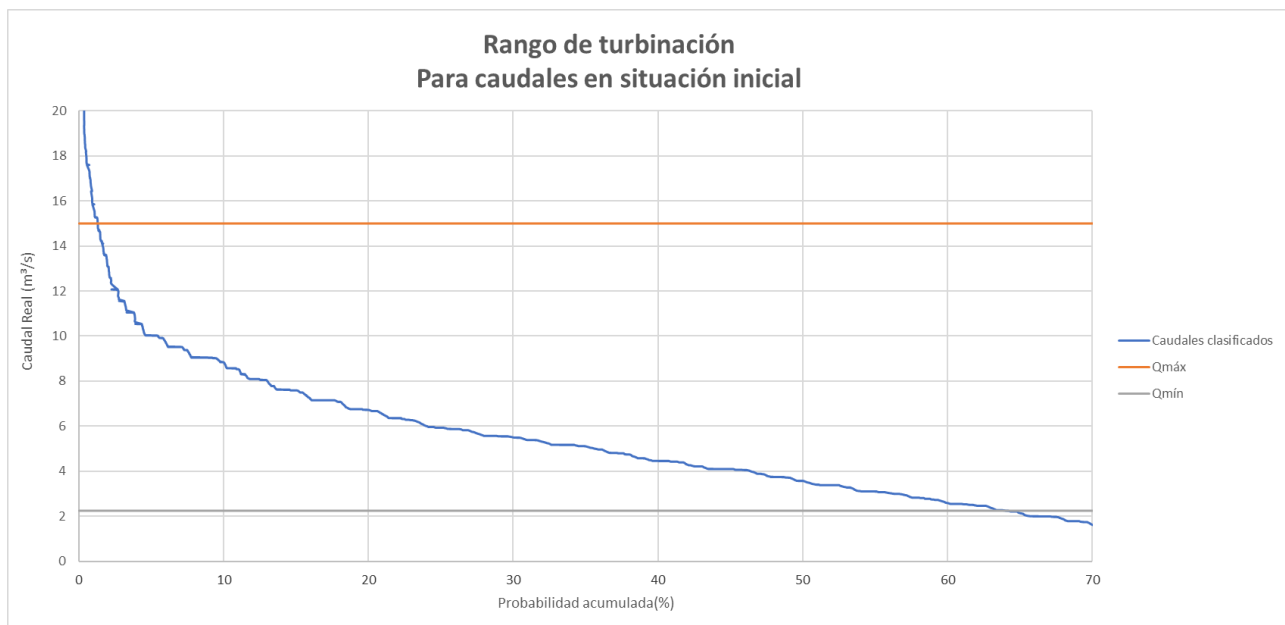


Figura 24: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Portlux para la situación inicial.

➤ Para caudal ecológico fijado por la PHJ 2015:

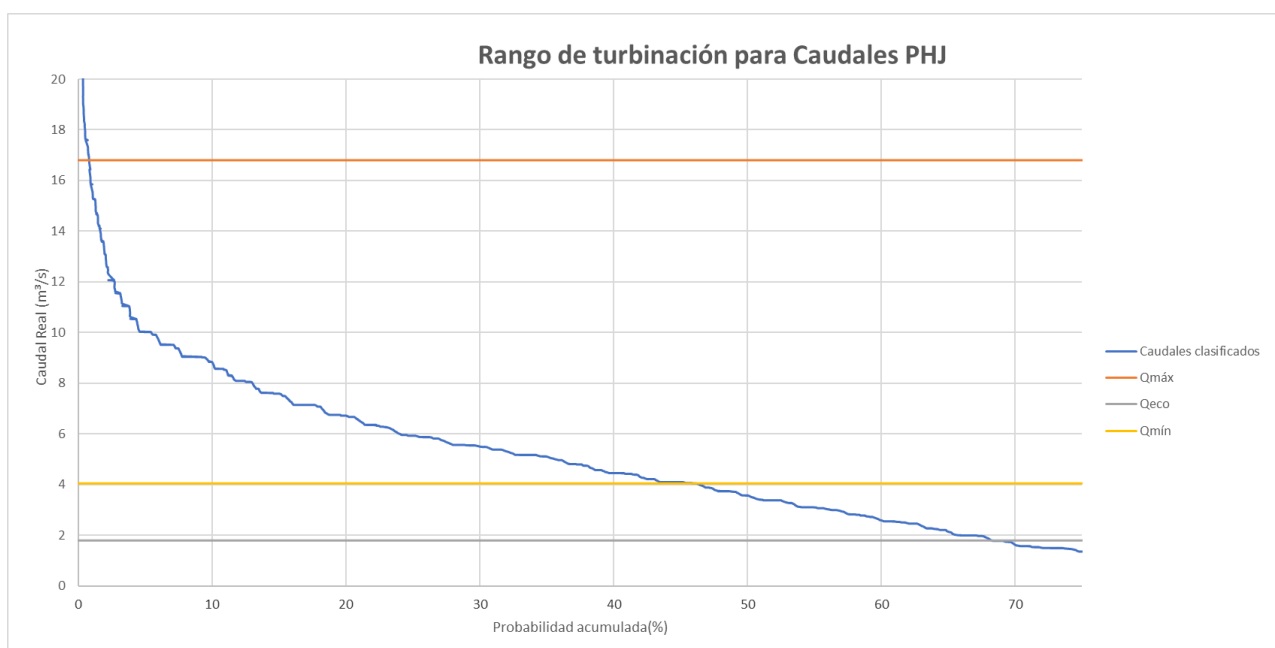


Figura 25: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Portlux con caudal ecológico PHJ 2015.

- Para caudal ecológico futuro 1:

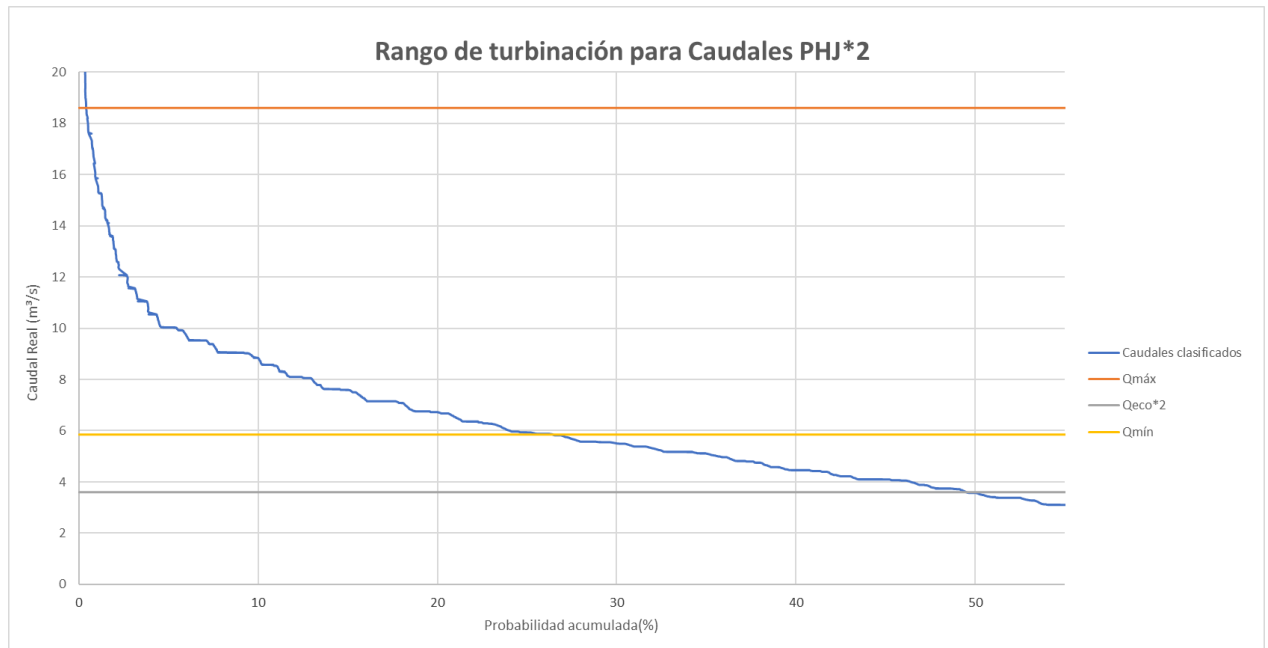


Figura 26: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Portlux con caudal ecológico futuro 1.

- Para caudal ecológico futuro 2:

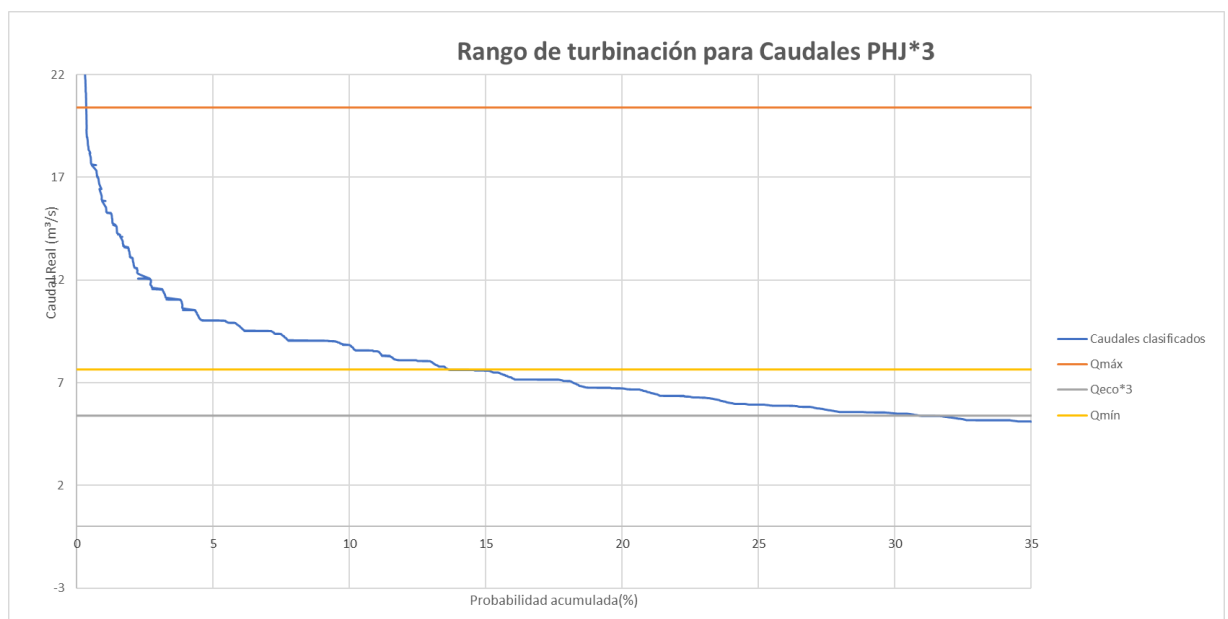


Figura 27: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Portlux con caudal ecológico 2.

5.7. Central hidroeléctrica de Gestalgar.

- Para la situación inicial:

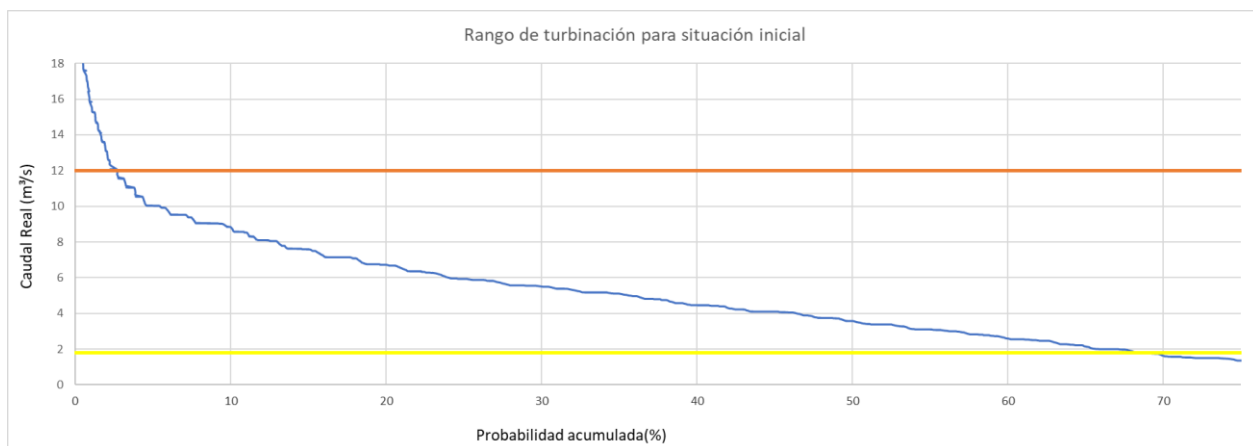


Figura 28: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Gestalgar para la situación inicial.

- Para caudal ecológico PHJ 2015:

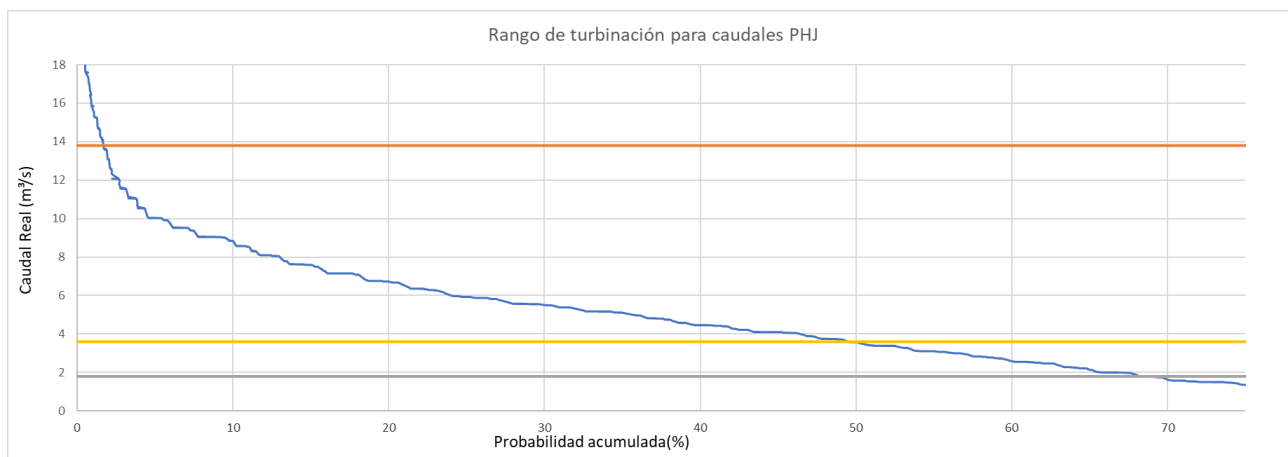


Figura 29: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Gestalgar con caudal ecológico PHJ 2015.

- Para caudal ecológico futuro 1:

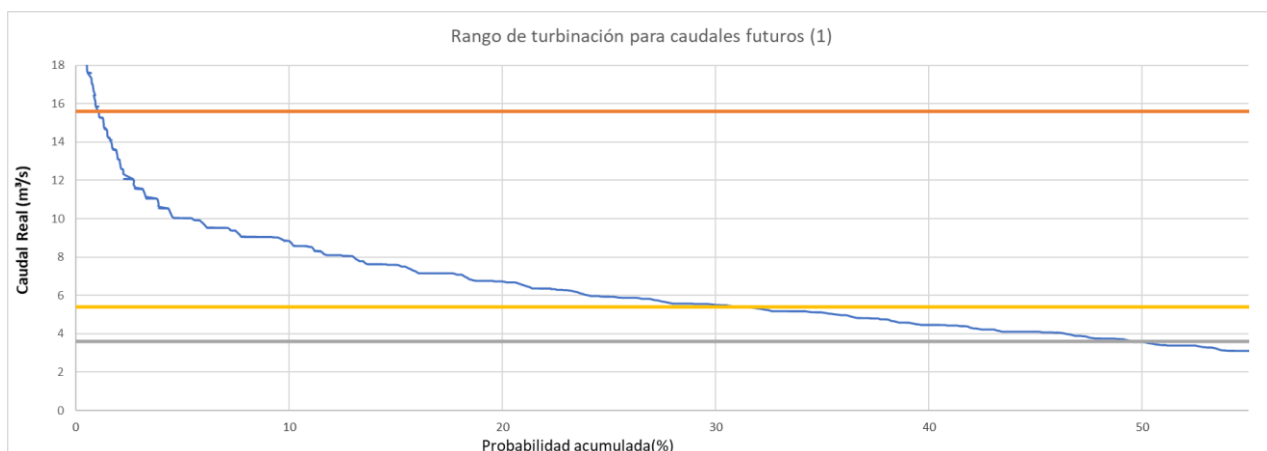


Figura 30: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Gestalgar con caudal ecológico futuro 1.

- Para caudal ecológico futuro 2:

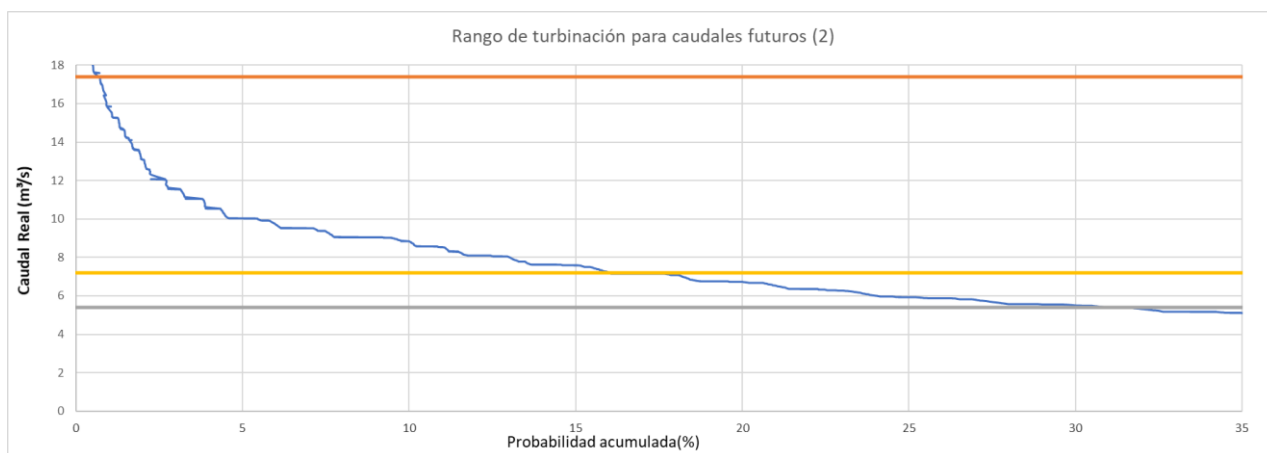


Figura 31: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Gestalgar con caudal ecológico futuro 2.

5.8. Central hidroeléctrica de Bugarra.

- Para la situación inicial:

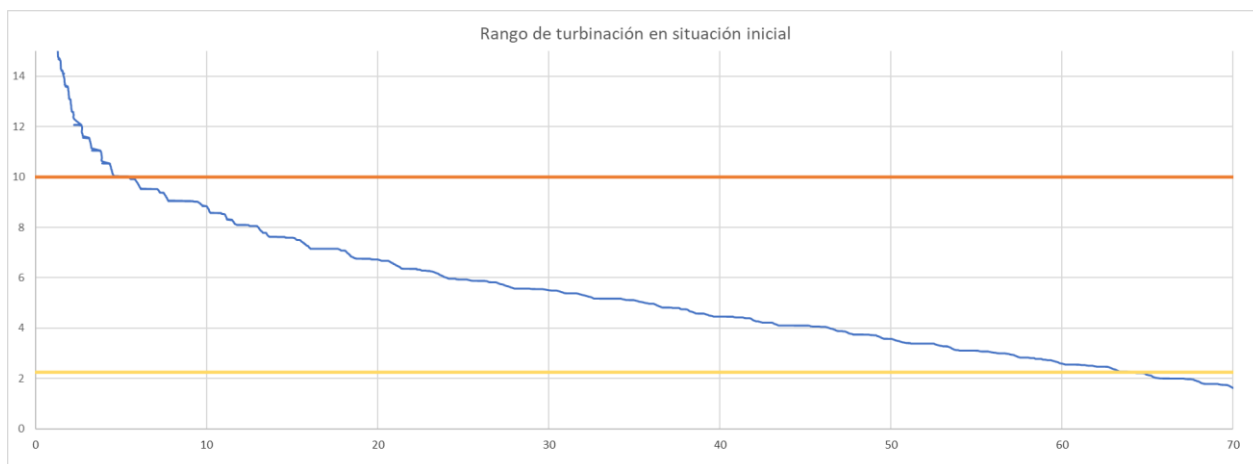


Figura 32: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Bugarra para la situación inicial.

- Para caudal ecológico fijado por la PHJ 2015:

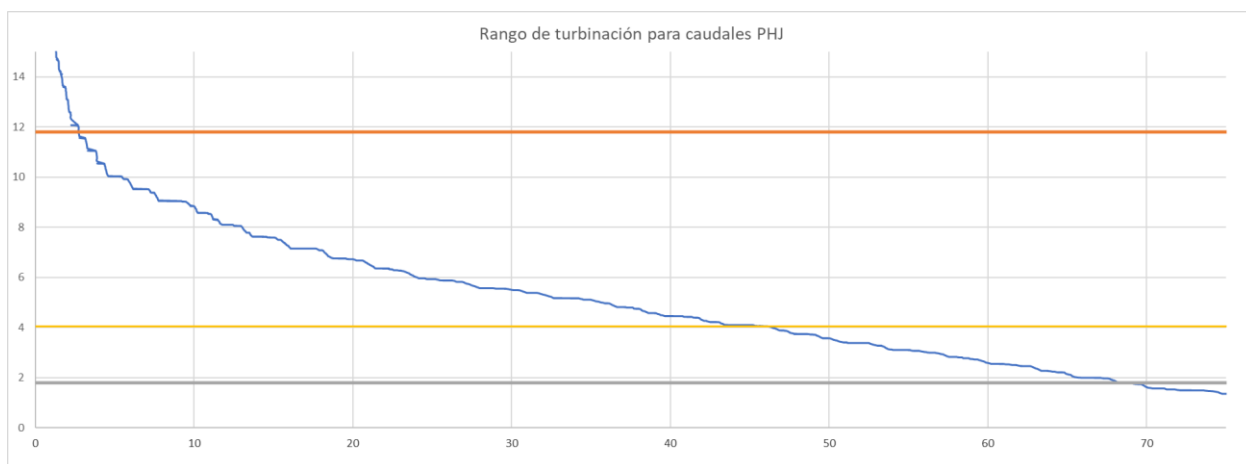


Figura 33: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Bugarra con caudal ecológico PHJ 2015.

5.9. Central hidroeléctrica de Pedralba.

➤ Para la situación inicial:

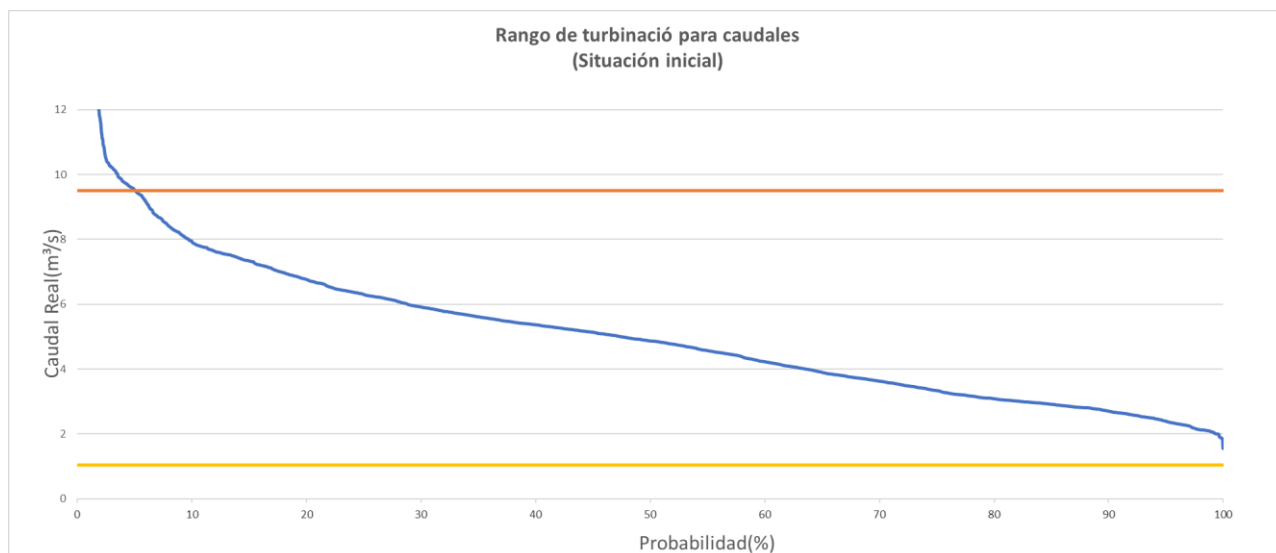


Figura 34: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Pedralba para la situación inicial.

➤ Para caudal ecológico fijado en la PHJ 2015:

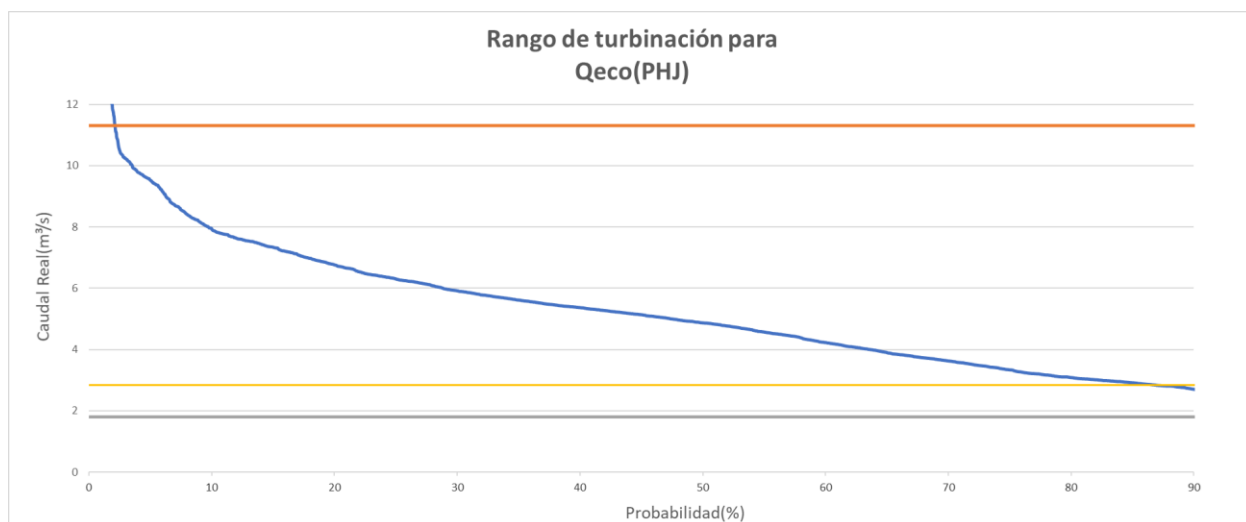


Figura 35: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Pedralba con caudal ecológico PHJ 2015.

- Para caudal ecológico futuro 1:

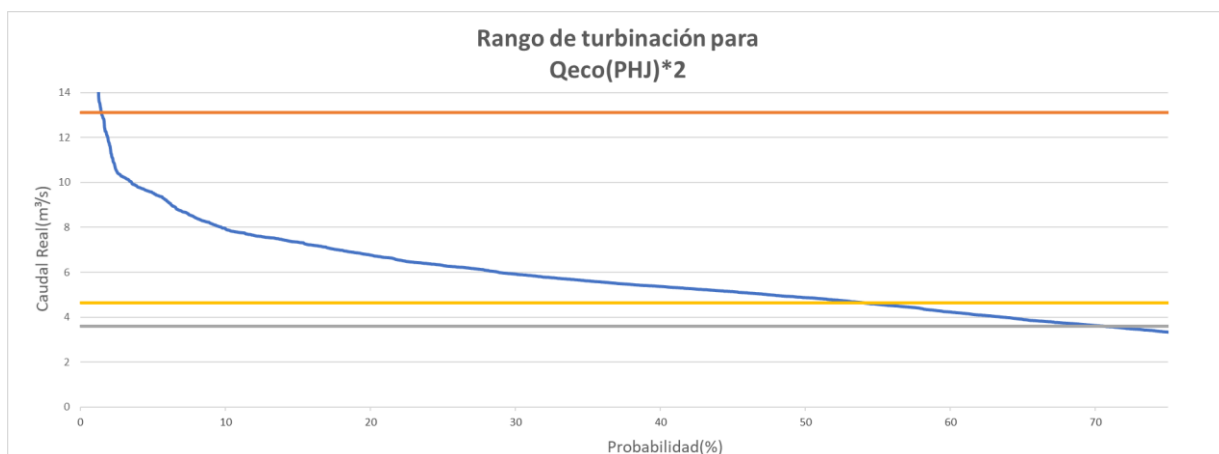


Figura 36: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Pedralba con caudal ecológico futuro 1.

- Para caudal ecológico futuro 2:

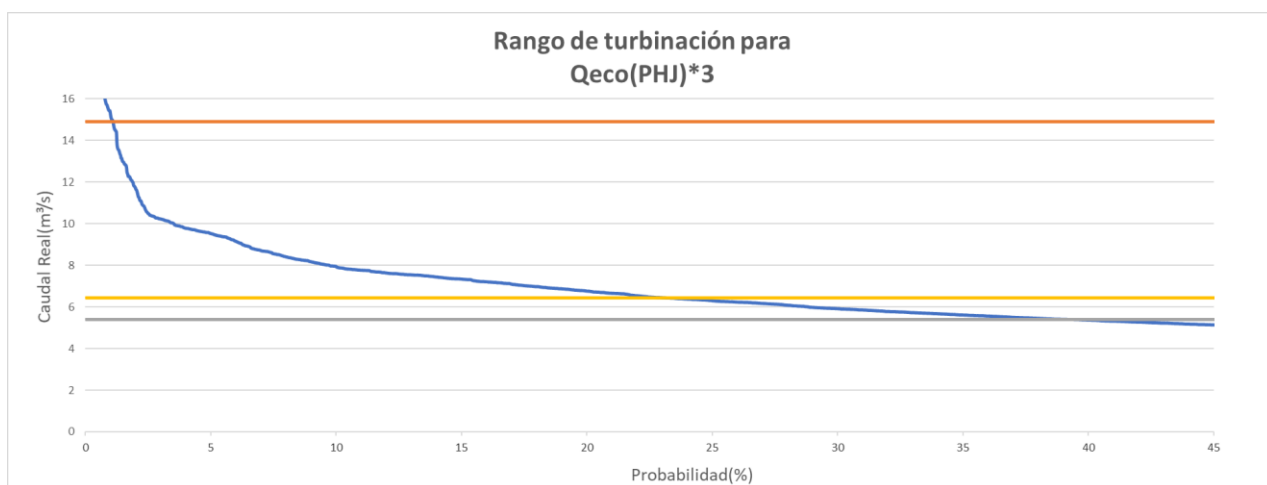


Figura 37: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de Pedralba con caudal ecológico futuro 2.

5.10. Central hidroeléctrica de La Pea.

- Para la situación inicial:

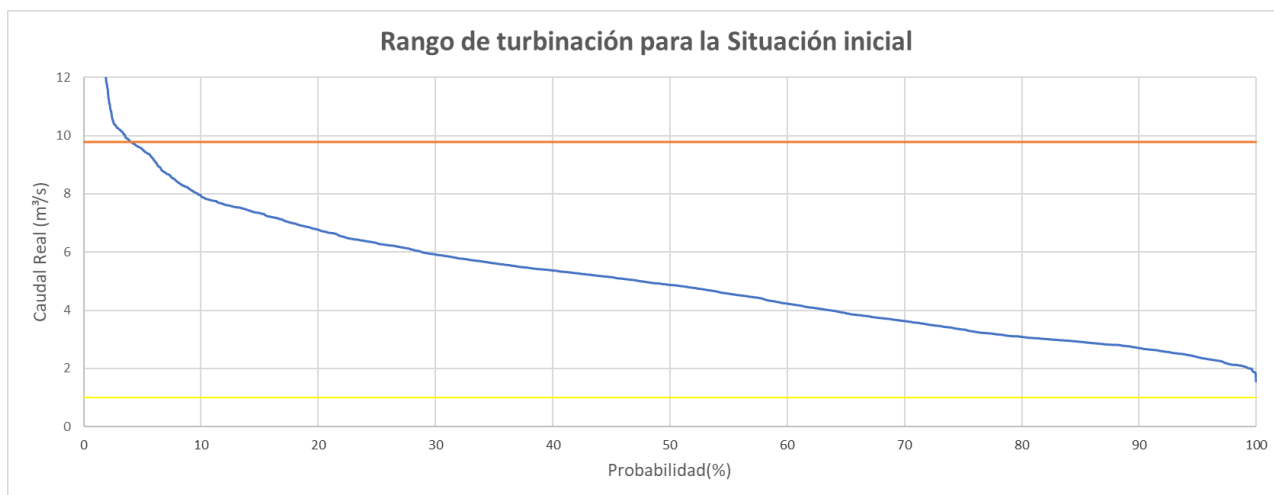


Figura 38: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de La Pea para la situación inicial.

- Para caudal ecológico fijado en la PHJ 2015:

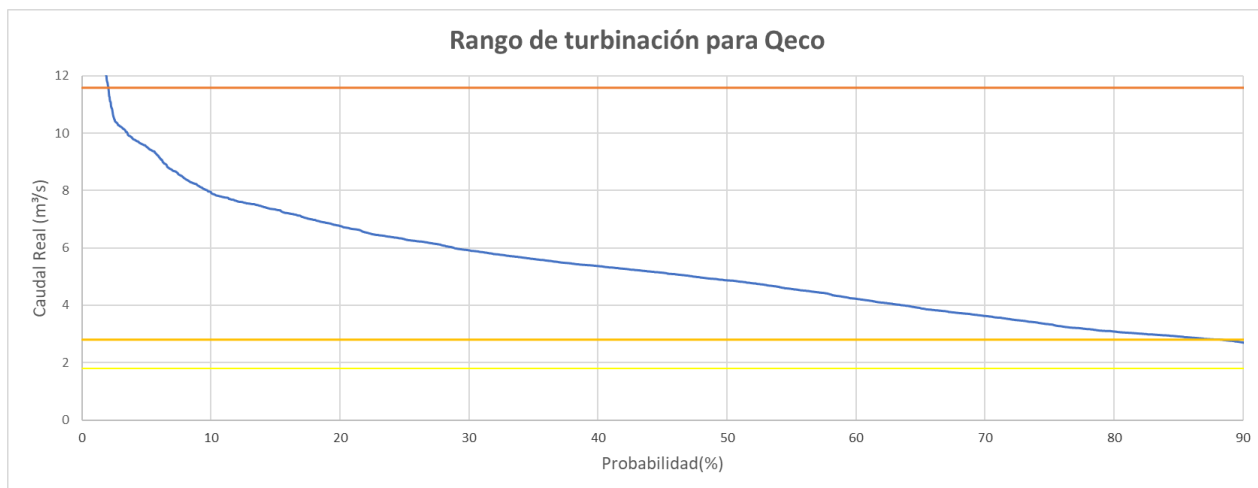


Figura 39: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de La Pea con caudal ecológico PHJ 2015.

- Para caudal ecológico futuro 1:

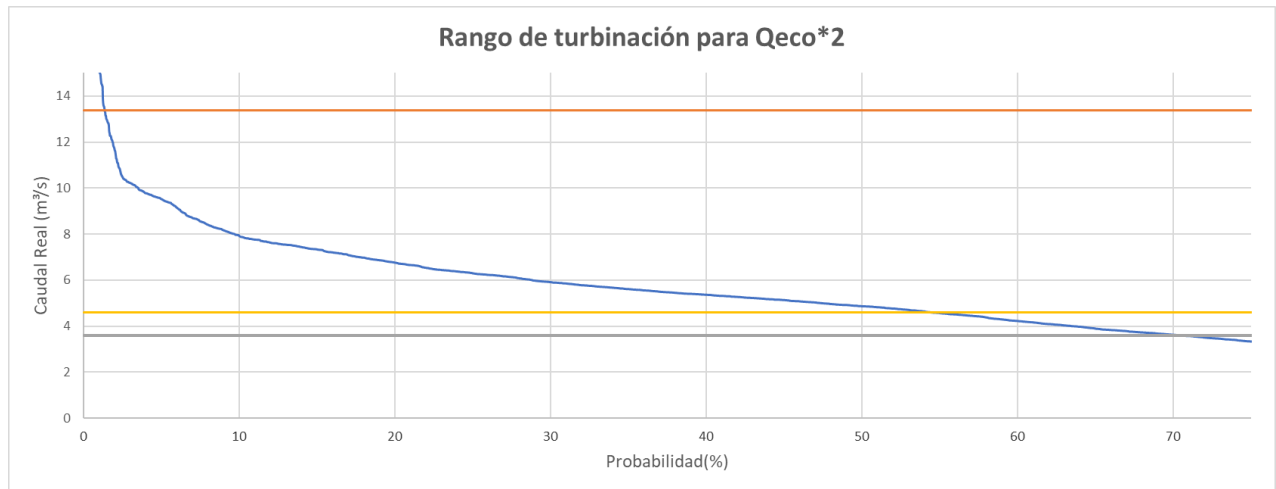


Figura 40: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de La Pea con caudal ecológico futuro 1.

- Para caudal ecológico futuro 2:

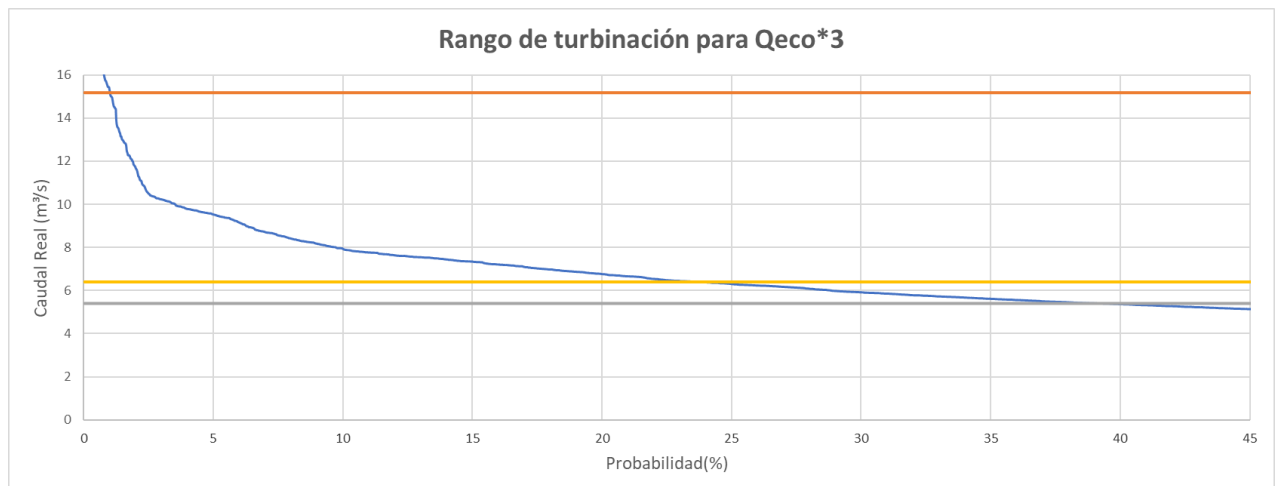


Figura 41: Rango de turbinación para la central hidroeléctrica de La Pea con caudal ecológico futuro 2.

6. Producción para cada una de las centrales.

6.1. Central hidroeléctrica de Castielfabib.

- En situación inicial:

Con Qmín (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (kWh)	4768250
Producción máxima (kWh)	8396252
Factor de uso	57

Tabla 1: Producciones para la central de Castielfabib en situación inicial.

- Con caudal ecológico fijado por la PHJ 2015:

Con Qeco(PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (kWh)	4145254
Producción máxima (kWh)	9025971
Factor de uso	46

Tabla 2: Producciones para la central de Castielfabib con caudal ecológico PHJ 2015.

- Con caudal ecológico futuro 1:

Con Qeco(PHJ)*2	
Horas totales	8760
Producción anual (kWh)	3368509
Producción máxima (kWh)	9655690
Factor de uso	35

Tabla 3: Producciones para la central de Castielfabib con caudal ecológico futuro 1.

- Con caudal ecológico futuro 2:

Con Qeco (PHJ)*3	
Horas totales	8760
Producción anual (kWh)	2481706
Producción máxima (kWh)	10285409
Factor de uso	24

Tabla 4: Producciones para la central de Castielfabib con caudal ecológico futuro 2.

6.2. Central hidroeléctrica de Benagéber.

- En situación inicial:

Con Qmín (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	29007
Producción máxima (MWh)	134435
Factor de uso	22

Tabla 5: Producciones para la central de Benagéber en situación inicial

- Con caudal ecológico fijado por la PHJ 2015:

Con Qeco(PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	22635
Producción máxima (MWh)	140640
Factor de uso	16

Tabla 6: Producciones para la central de Benagéber con caudal ecológico PHJ 2015.

- Con caudal ecológico futuro 1:

Con Qeco(PHJ)*2	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	17667
Producción máxima (MWh)	146844
Factor de uso	12

Tabla 7: Producciones para la central de Benagéber con caudal ecológico futuro 1.

- Con caudal ecológico futuro 2:

Con Qeco (PHJ)*3	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	13714
Producción máxima (MWh)	153049
Factor de uso	9

Tabla 8: Producciones para la central de Benagéber con caudal ecológico futuro 2.

6.3. Central hidroeléctrica de saltos de Domeño.

- Para la situación inicial:

Con Qmín (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	41276
Producción máxima (MWh)	133861
Factor de uso	31

Tabla 9: Producciones para la central de Saltos de Domeño en situación inicial.

- Con caudal ecológico fijado por el PHJ 2015:

Con Qeco(PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	32026
Producción máxima (MWh)	142663
Factor de uso	22

Tabla 10: Producciones para la central de Saltos de Domeño con caudal ecológico PHJ 2015.

- Con caudal ecológico futuro 1:

Con Qeco(PHJ)*2	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	24988
Producción máxima (MWh)	151465
Factor de uso	16

Tabla 11: Producciones para la central de Saltos de Domeño con caudal ecológico futuro 1.

- Con caudal ecológico futuro 2:

Con Qeco (PHJ)*3	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	19397
Producción máxima (MWh)	160267
Factor de uso	12

Tabla 12: Producciones para la central de Saltos de Domeño con caudal ecológico futuro 2.

6.4. Central hidroeléctrica de Loriguilla.

- En situación inicial:

Con Q _{mín} (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	10598
Producción máxima (MWh)	32020
Factor de uso	33

Tabla 13: Producciones para la central de Loriguilla en situación inicial.

- Con caudal ecológico fijado por el PHJ 2015:

Con Q _{eco} (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	8147
Producción máxima (MWh)	35222
Factor de uso	23

Tabla 14: Producciones para la central de Loriguilla con caudal ecológico PHJ 2015.

- Con caudal ecológico futuro 1:

Con Q _{eco} (PHJ)*2	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	6001
Producción máxima (MWh)	38424
Factor de uso	16

Tabla 15: Producciones para la central de Loriguilla con caudal ecológico futuro 1.

- Con caudal ecológico futuro 2:

Con Qeco (PHJ)*3	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	4241
Producción máxima (MWh)	41625
Factor de uso	10

Tabla 16: Producciones para la central de Loriguilla con caudal ecológico futuro 2.

6.5. Central hidroeléctrica de Chulilla.

- En situación inicial:

Con Qmín (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	8890
Producción máxima (MWh)	25836
Factor de uso	34

Tabla 17: Producciones para la central de Chulilla en situación inicial.

- Con caudal ecológico fijado por la PHJ 2015:

Con Qeco(PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	6700
Producción máxima (MWh)	28541
Factor de uso	23

Tabla 18: Producciones para la central de Chulilla con caudal ecológico PHJ 2015.

- Con caudal ecológico futuro 1:

Con Qeco(PHJ) futuro(1)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	4900
Producción máxima (MWh)	31246
Factor de uso	16

Tabla 19: Producciones para la central de Chulilla con caudal ecológico futuro 1.

- Con caudal ecológico futuro 2:

Con Qeco (PHJ) futuro(2)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	3433
Producción máxima (MWh)	33952
Factor de uso	10

Tabla 20: Producciones para la central de Chulilla con caudal ecológico futuro 2.

6.6. Central hidroeléctrica de Portlux.

- En situación inicial:

Con Qmín (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	4511
Producción máxima (MWh)	17967
Factor de uso	25

Tabla 21: Producciones para la central de Portlux en situación inicial.

- Con caudal ecológico fijado en el PHJ 2015:

Con Qeco(PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	2888
Producción máxima (MWh)	20123
Factor de uso	14

Tabla 22: Producciones para la central de Portlux con caudal ecológico PHJ 2015.

- Con caudal ecológico futuro 1:

Con Qeco(PHJ)*2	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	1604
Producción máxima (MWh)	22279
Factor de uso	7

Tabla 23: Producciones para la central de Portlux con caudal ecológico futuro 1.

- Con caudal ecológico futuro 2:

Con Qeco (PHJ)*3	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	846
Producción máxima (MWh)	24435
Factor de uso	3

Tabla 24: Producciones para la central de Portlux con caudal ecológico futuro 2.

6.7. Central hidroeléctrica de Gestalgar.

- En situación inicial:

Con Q _{mín} (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (kWh)	4802
Producción máxima (kWh)	15170
Factor de uso	32

Tabla 25: Producciones para la central de Gestalgar en situación inicial.

- Con caudal ecológico fijado en el PHJ 2015:

Con Q _{eco} (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	3106
Producción máxima (MWh)	17446
Factor de uso	18

Tabla 26: Producciones para la central de Gestalgar con caudal ecológico PHJ 2015.

- Con caudal ecológico futuro 1:

Con Q _{eco} (PHJ)*2	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	1793
Producción máxima (MWh)	19721
Factor de uso	9

Tabla 27: Producciones para la central de Gestalgar con caudal ecológico futuro 1.

- Con caudal ecológico futuro 2:

Con Qeco (PHJ)*3	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	949
Producción máxima (MWh)	21997
Factor de uso	4

Tabla 28: Producciones para la central de Gestalgar con caudal ecológico futuro 2.

6.8. Central hidroeléctrica de Bugarra.

- En situación inicial:

Con Qmín (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	1867
Producción máxima (MWh)	5129
Factor de uso	36

Tabla 29: Producciones para la central de Bugarra en situación inicial.

- Con caudal ecológico fijado por la PHJ 2015:

Con Qeco(PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	1211
Producción máxima (MWh)	6052
Factor de uso	20

Tabla 30: Producciones para la central de Bugarra con caudal ecológico PHJ 2015.

- Con caudal ecológico futuro 1:

Con Qeco(PHJ)*2	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	677
Producción máxima (MWh)	6976
Factor de uso	10

Tabla 31: Producciones para la central de Bugarra con caudal ecológico futuro 1.

- Con caudal ecológico futuro 2:

Con Qeco (PHJ)*3	
Horas totales	8760
Producción anual (Mh)	356
Producción máxima (MWh)	7899
Factor de uso	5

Tabla 32: Producciones para la central de Bugarra con caudal ecológico 2.

6.9. Central hidroeléctrica de Pedralba.

- En situación inicial:

Con Qmín(Situación inicial)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	2263
Producción máxima (MWh)	4257
Factor de usio (%)	53

Tabla 33: Producciones para la central de Pedralba en situación inicial.

- Con caudal ecológico fijado en el PHJ 2015:

Con Qeco (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	1456
Producción máxima (MWh)	5063
Factor de uso (%)	29

Tabla 34: Producciones para la central de Pedralba con caudal ecológico PHJ 2015.

- Con caudal ecológico futuro 1:

Con Qeco (PHJ)*2	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	768
Producción máxima (MWh)	5869
Factor de uso (%)	13

Tabla 35: Producciones para la central de Pedralba con caudal ecológico futuro 1.

- Con caudal ecológico futuro 2:

Con Qeco (PHJ)*3	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	327
Producción máxima (MWh)	6675
Factor de uso (%)	5

Tabla 36: Producciones para la central de Pedralba con caudal ecológico futuro 2.

6.10. Central hidroeléctrica de La Pea.

- En situación inicial:

Con Q _{mín} (Situación inicial)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	5017
Producción máxima (MWh)	9685
Factor de uso (%)	52

Tabla 37: Producciones para la central de La Pea en situación inicial.

- Con caudal ecológico fijado por el PHJ 2015:

Con Q _{eco} (PHJ)	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	3211
Producción máxima (MWh)	11467
Factor de uso (%)	28

Tabla 38: Producciones para la central de La Pea con caudal ecológico PHJ 2015.

- Con caudal ecológico futuro 1:

Con Q _{eco} (PHJ)*2	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	1704
Producción máxima (MWh)	13249
Factor de uso (%)	13

Tabla 39: Producciones para la central de La Pea con caudal ecológico futuro 1.

- Con caudal ecológico futuro 2:

Con Qeco (PHJ)*3	
Horas totales	8760
Producción anual (MWh)	729
Producción máxima (MWh)	15032
Factor de uso (%)	5

Tabla 40: Producciones para la central de La Pea con caudal ecológico

7. Valoración económica.

Tras la obtención de las producciones anuales potenciales de cada central atendiendo a la serie estadística de 30 años, ahora se mostrará en las siguientes figuras el lucro cesante que se ha producido en cada una de las centrales por la implantación de cada uno de los caudales propuestos.

Para la obtención de los valores monetarios, se ha sacado la media del coste de compra del MWh de energía de los últimos 6 años para cada central. Con este precio estimado del MWh, se ha calculado las ganancias para cada escenario, y así, comparándolas con la ganancia potencial en la situación inicial, se ha obtenido el lucro cesante de cada una de las centrales para los distintos escenarios de caudales ecológicos.

➤ Central hidroeléctrica de Castielfabib:

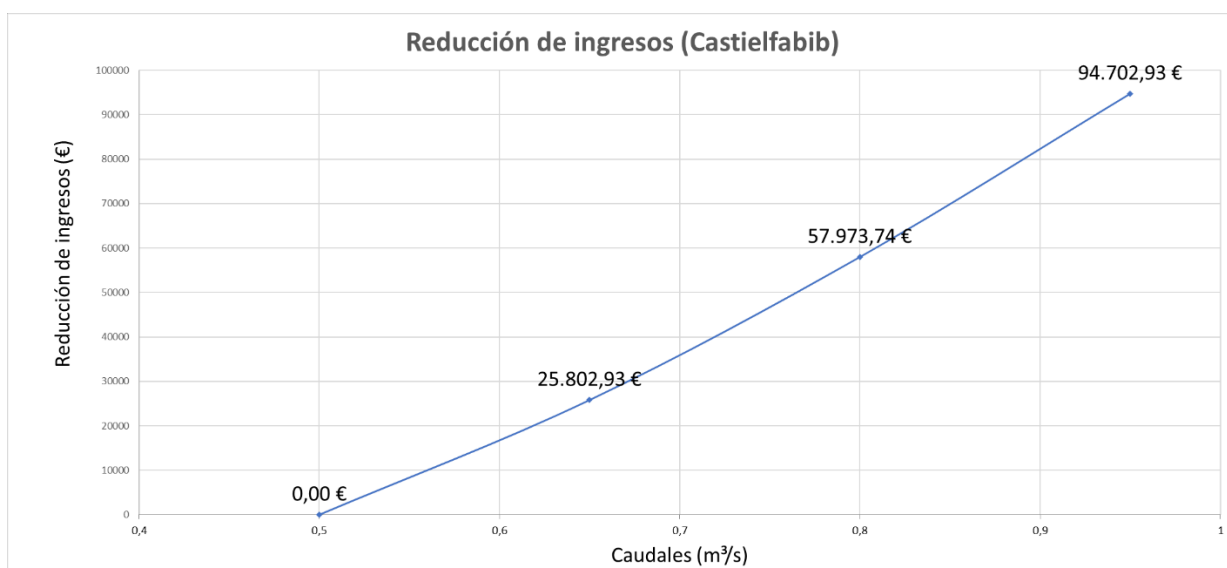


Figura 42: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Castielfabib.

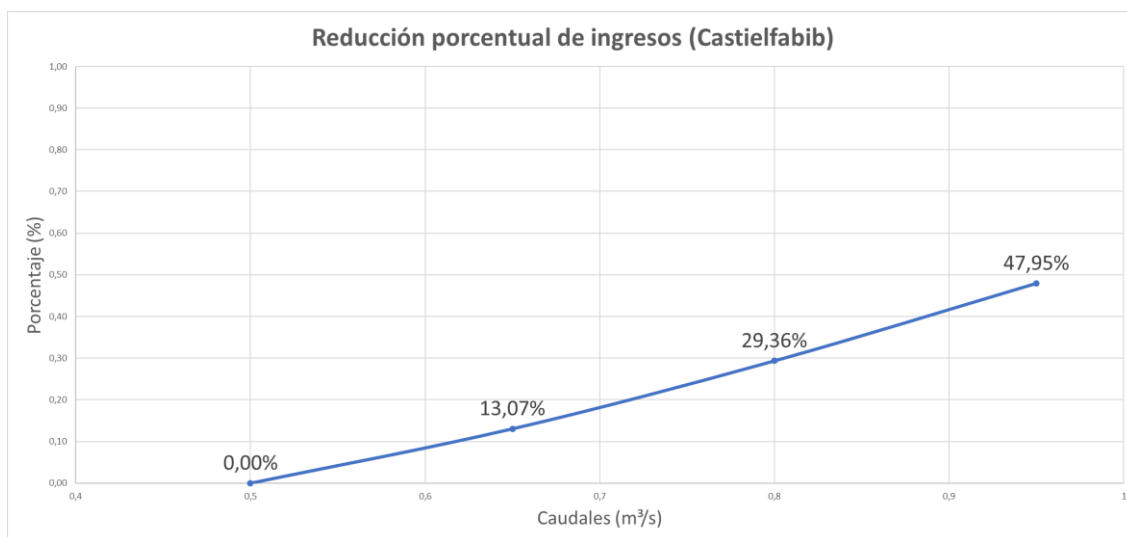


Figura 43: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios en la central de Castielfabib.

➤ **Central hidroeléctrica de Benagéber:**

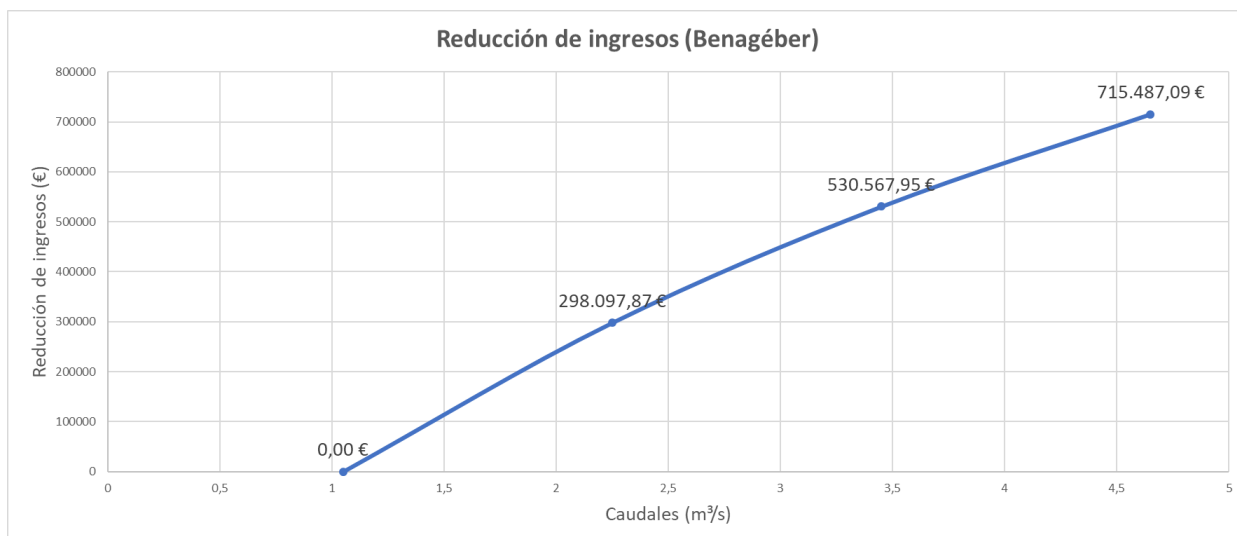


Figura 44: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Benagéber.

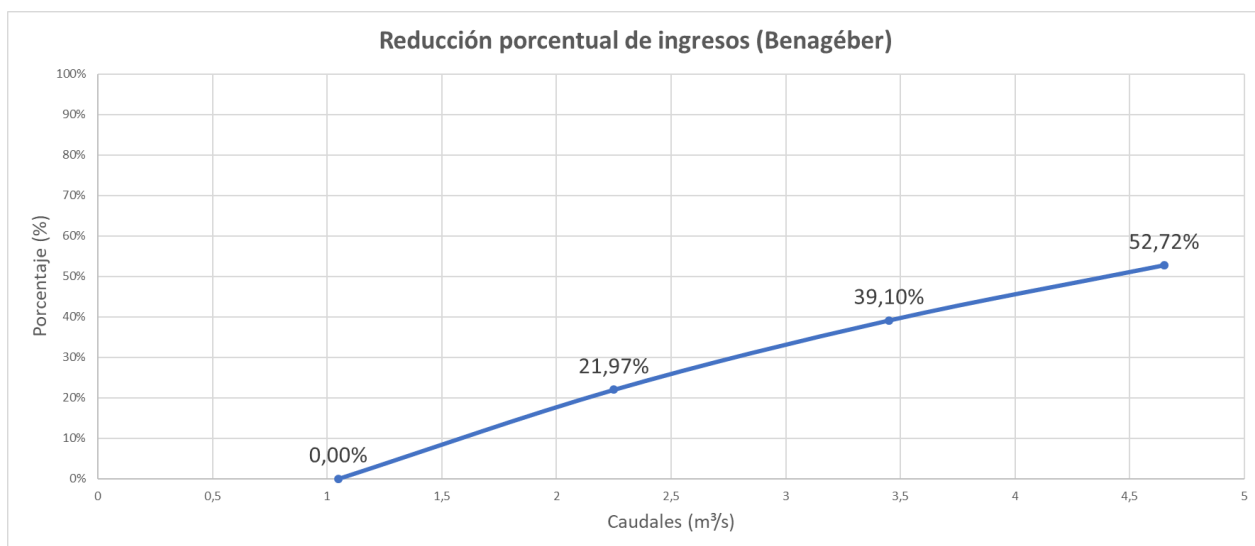


Figura 45: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios en la central de Benagéber.

➤ Central hidroeléctrica de saltos de Domeño:

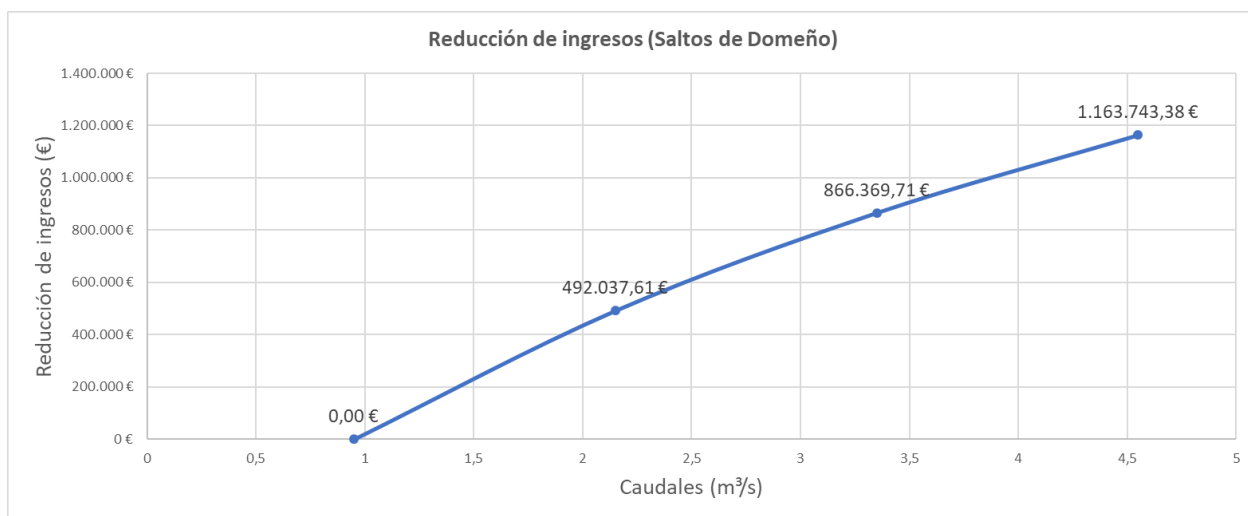


Figura 46: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Saltos de Domeño.

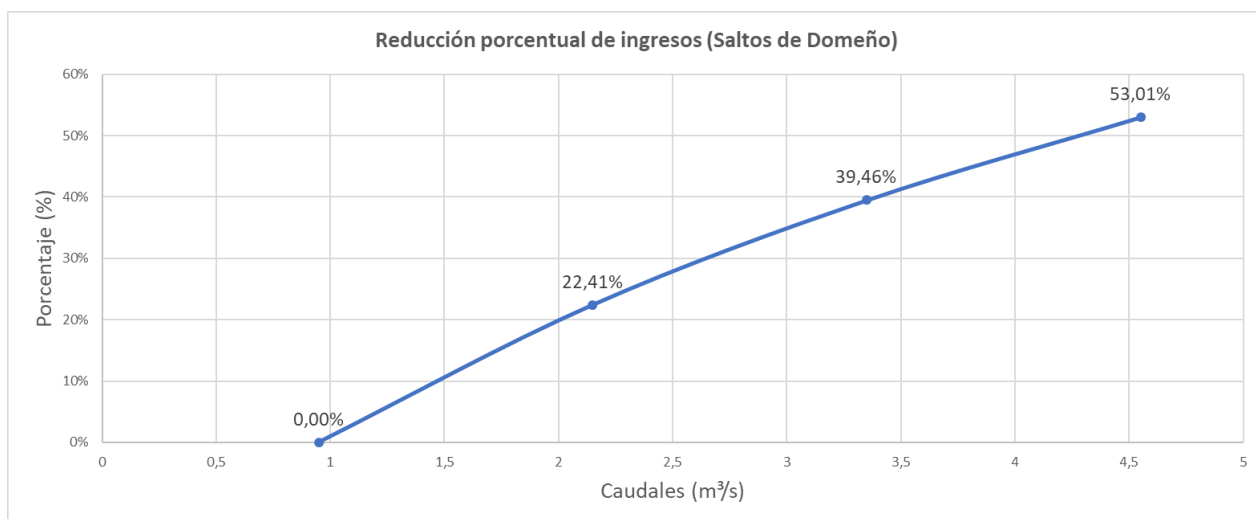


Figura 47: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios en la central de Saltos de Domeño.

➤ Central hidroeléctrica de Loriguilla:

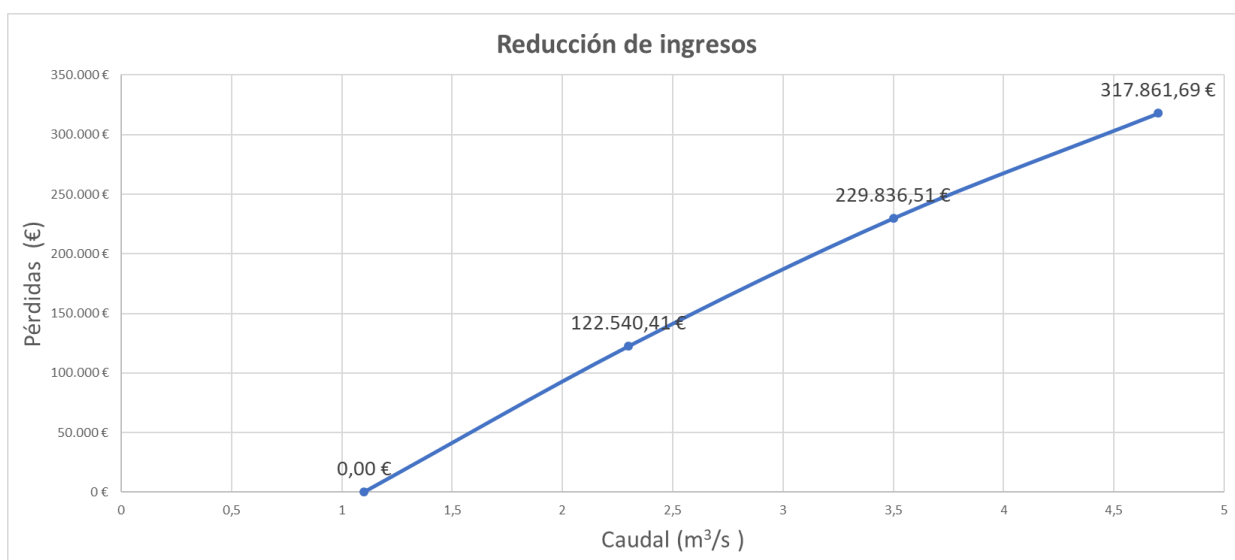


Figura 48: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Loriguilla

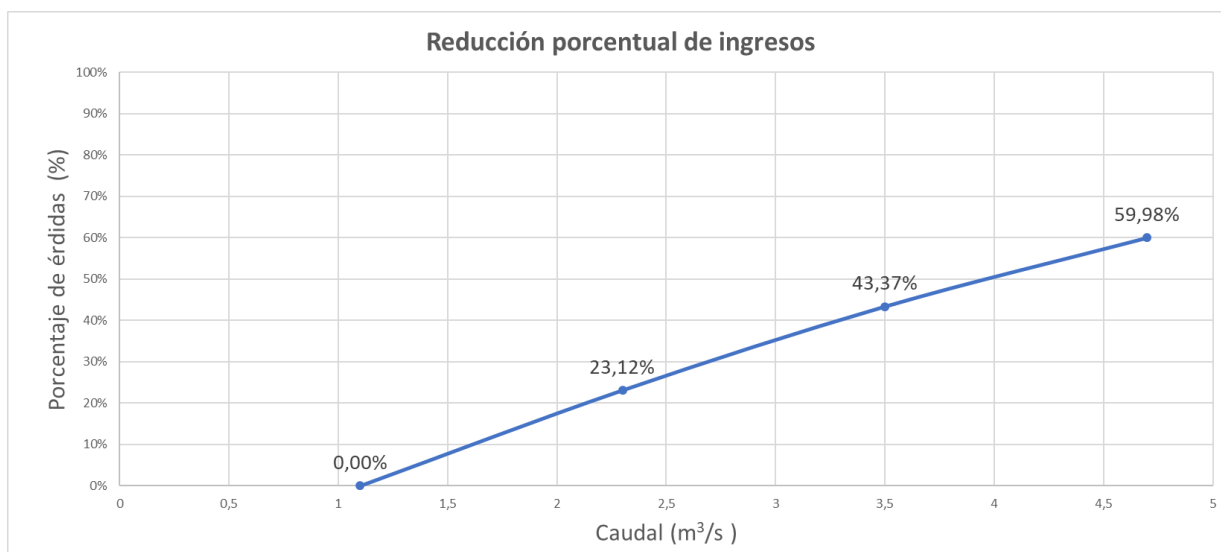


Figura 49: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios en la central de Loriguilla.

➤ Central hidroeléctrica de Chulilla:

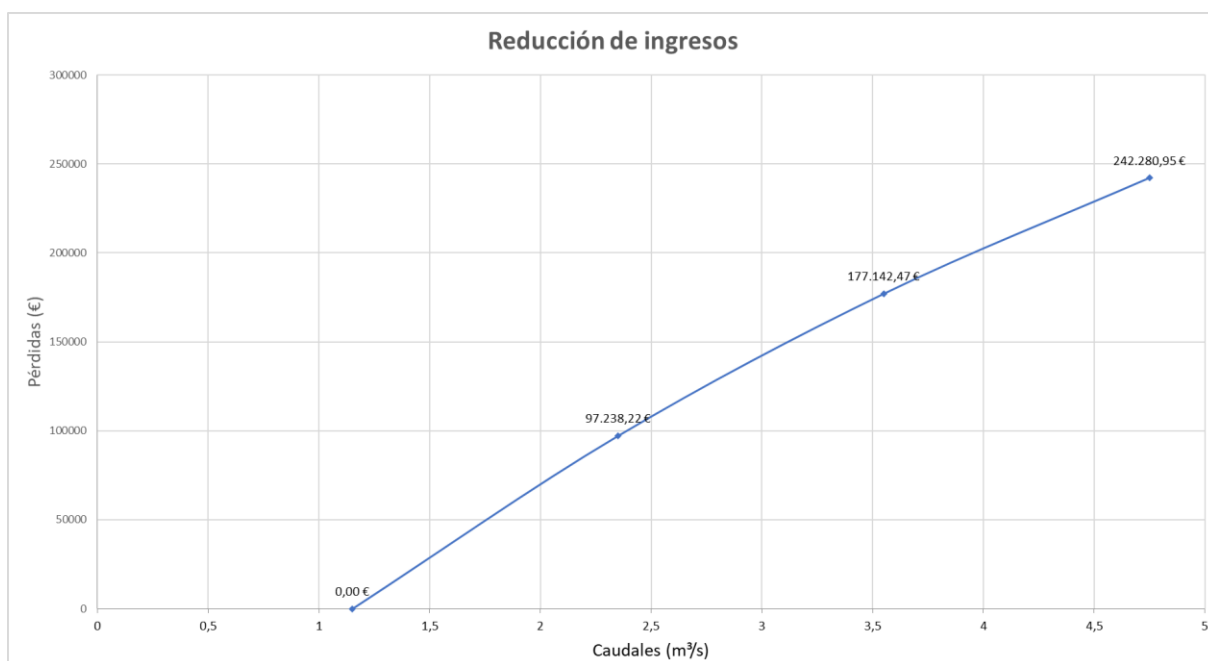


Figura 50: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Chulilla.

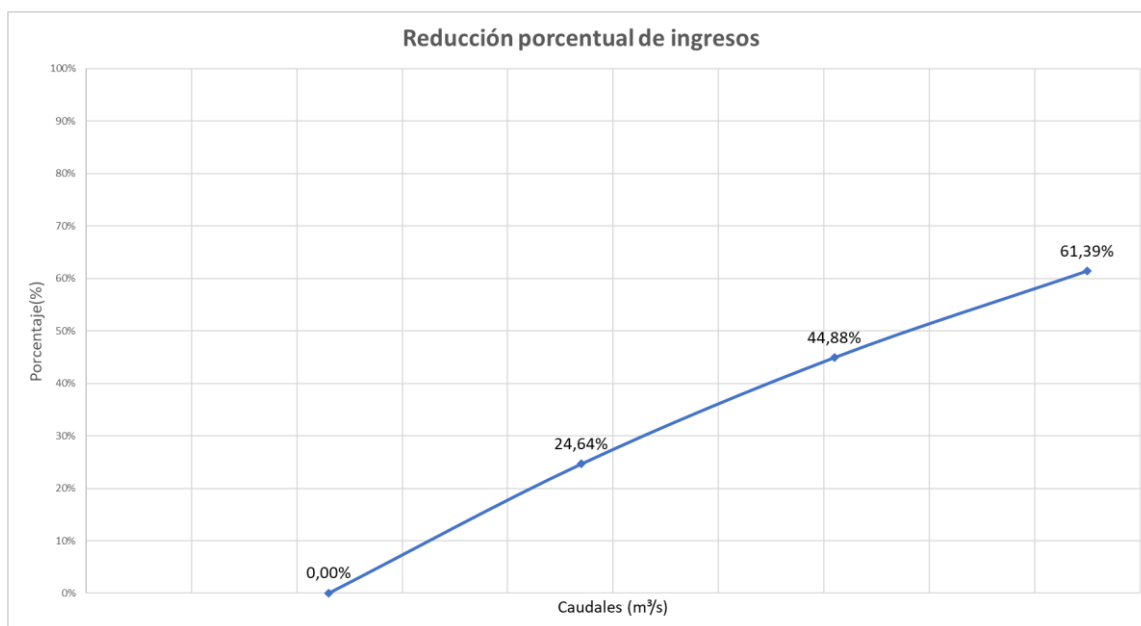


Figura 51: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios en la central de Chulilla.

➤ Central hidroeléctrica de Portlux:

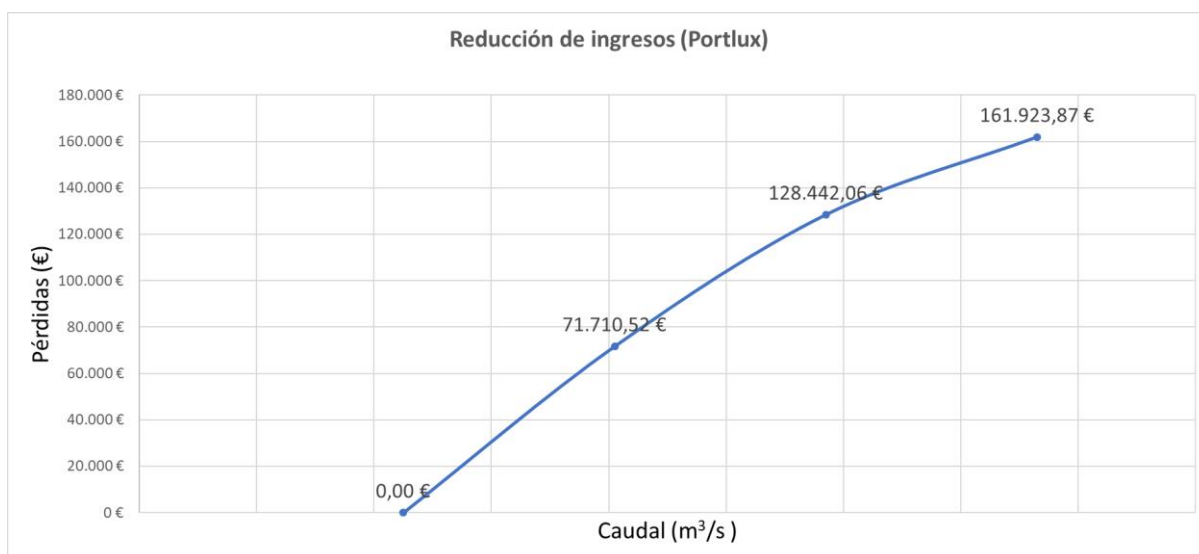


Figura 52: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios de la central de Portlux.

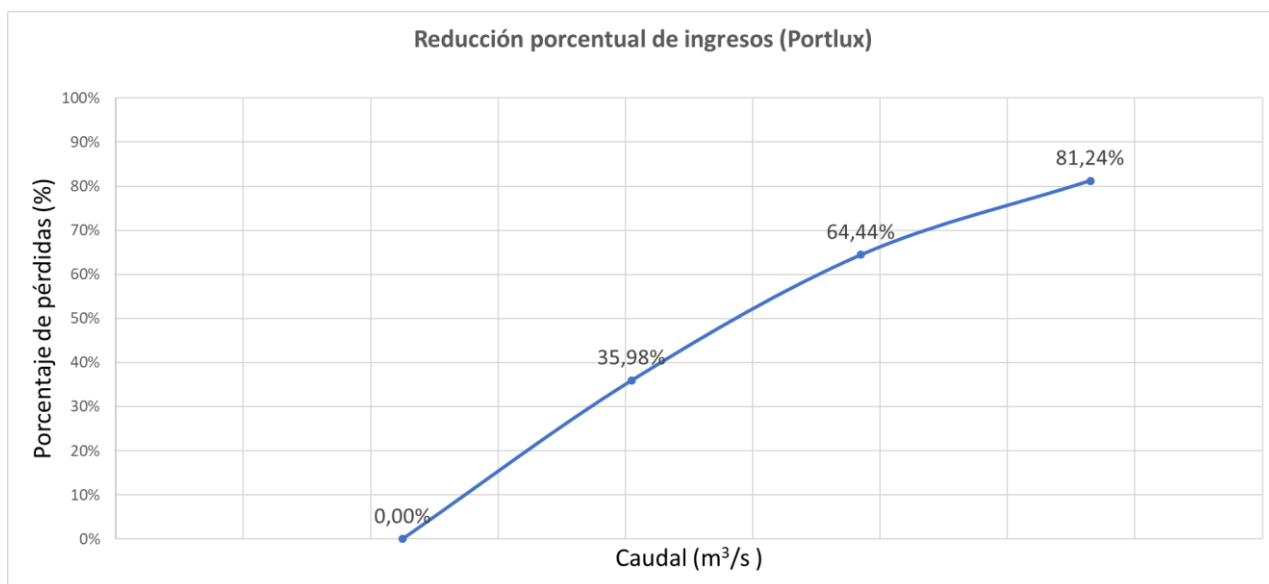


Figura 53: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios de la central de Portlux.

➤ Central hidroeléctrica de Gestalgar:

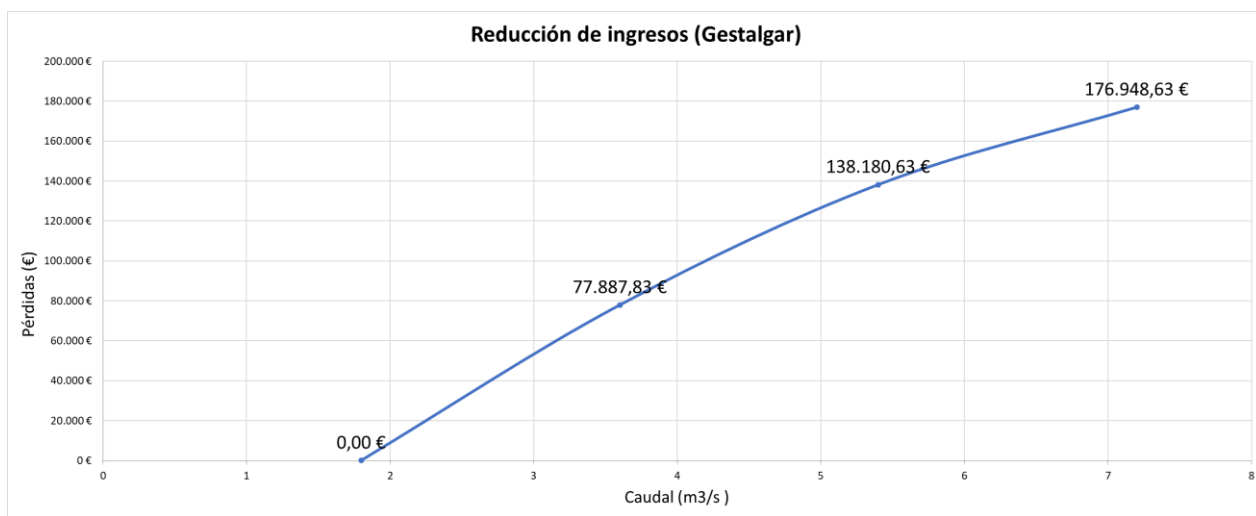


Figura 54: Gráfico de la reducción de ingresos para los distintos escenarios de la central de Gestalgar.

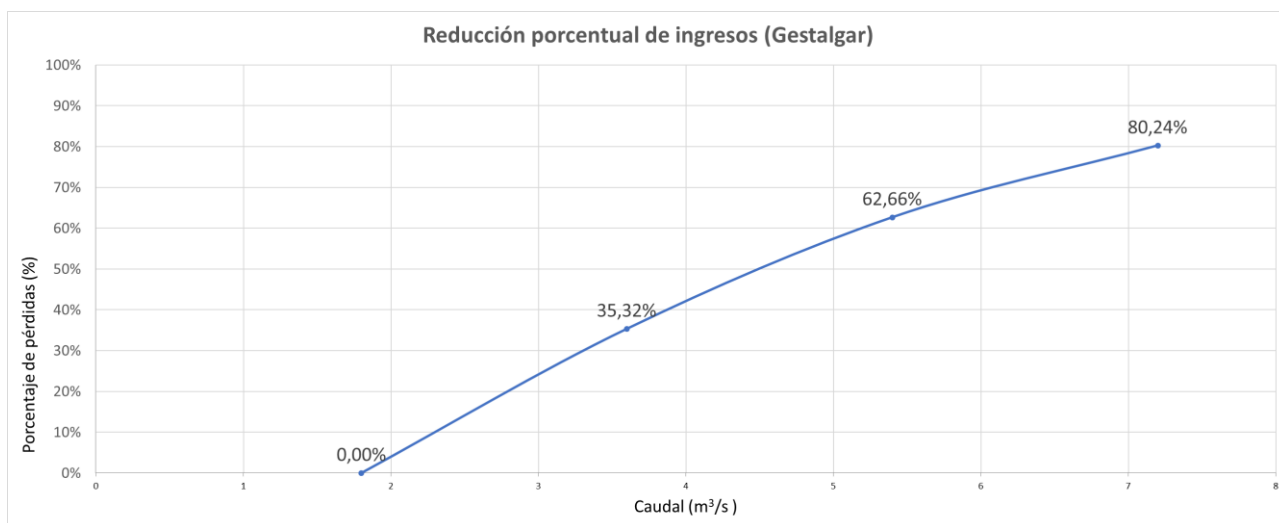


Figura 55: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios de la central de Gestalgar.

➤ Central hidroeléctrica de Bugarra:

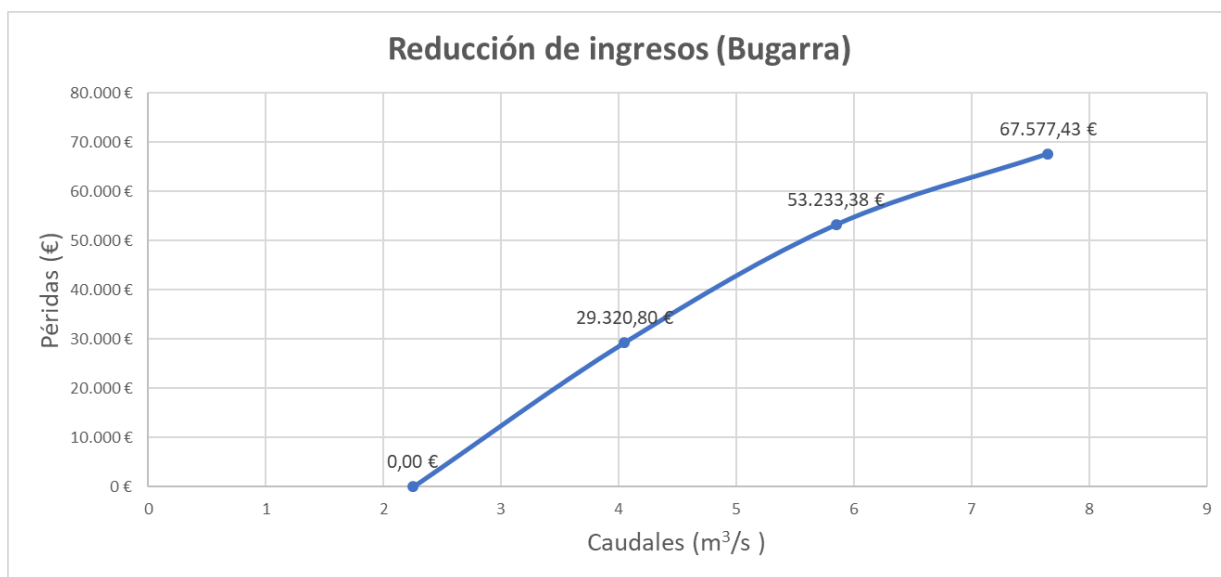


Figura 56: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios de la central de Bugarra.

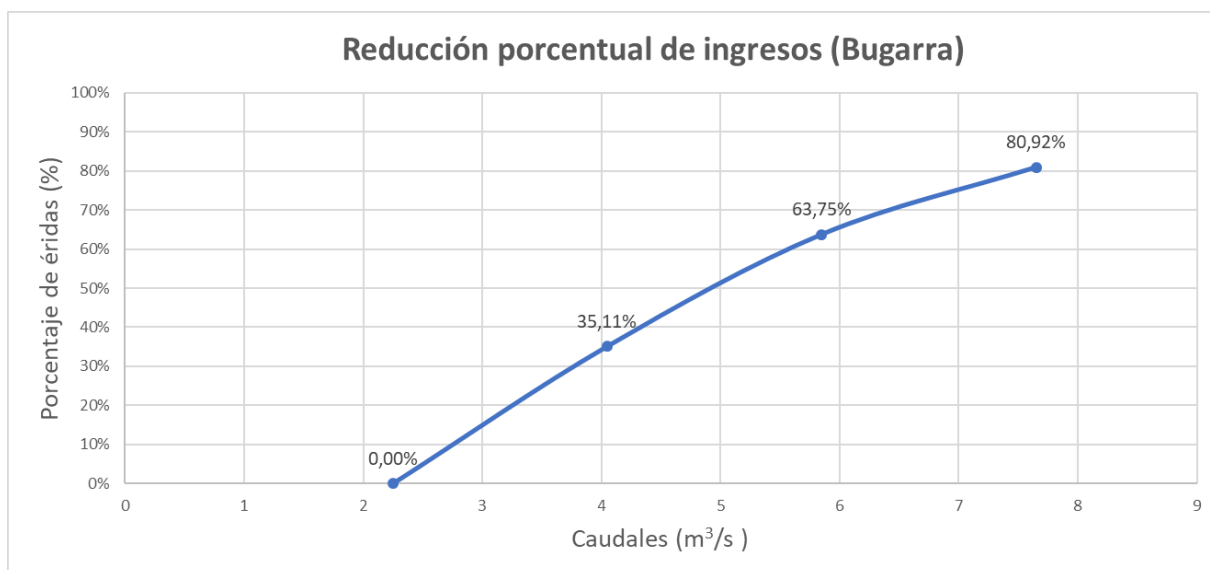


Figura 57: Gráfica de la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios de la central de Bugarra.

➤ Central hidroeléctrica de Pedralba:

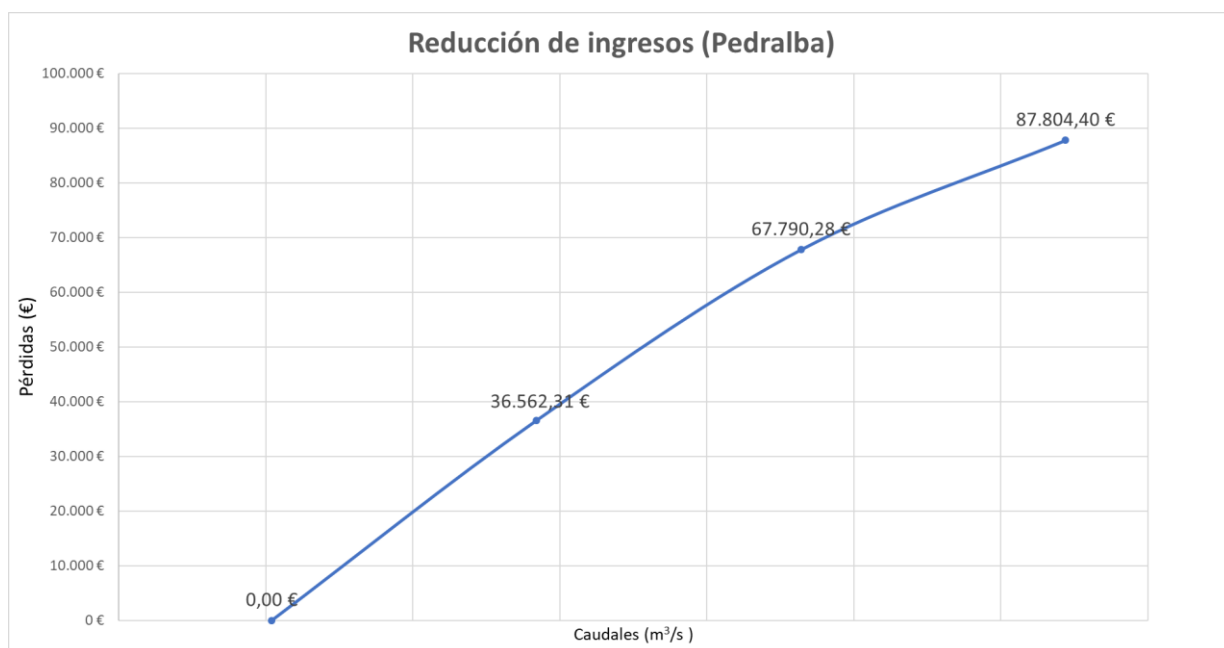


Figura 58: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios de la central de Pedralba.

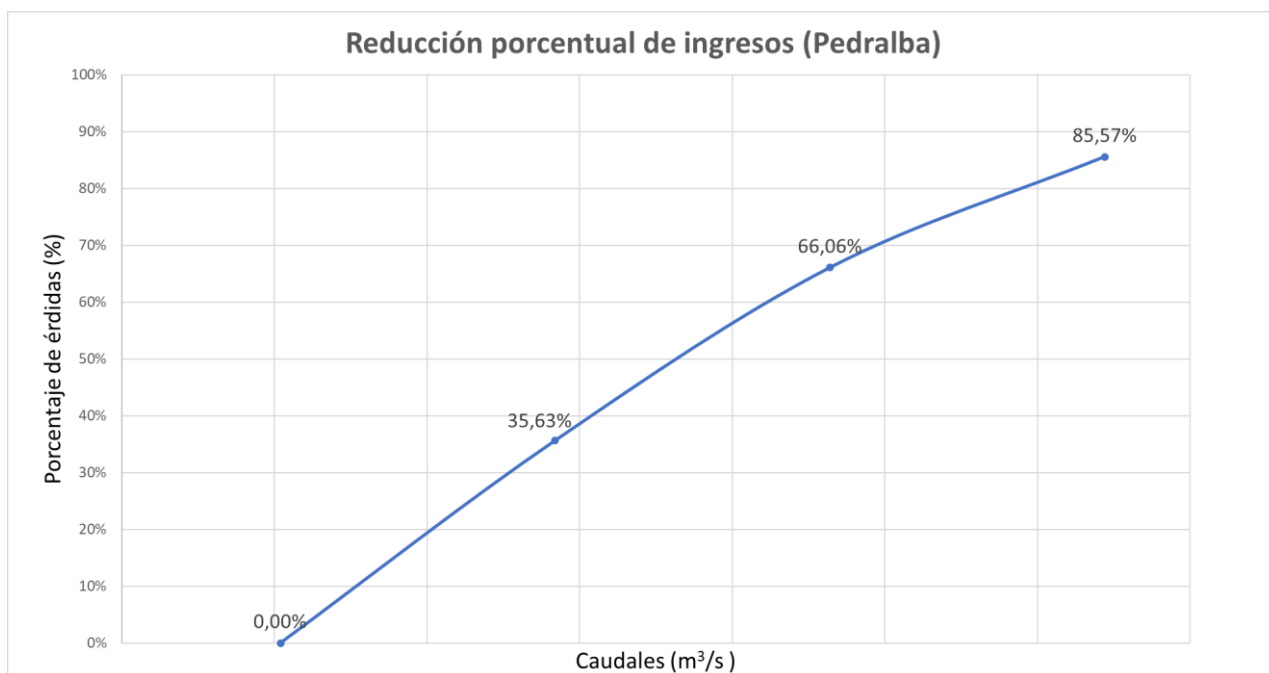


Figura 59: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de Pedralba.

➤ Central hidroeléctrica de La Pea:

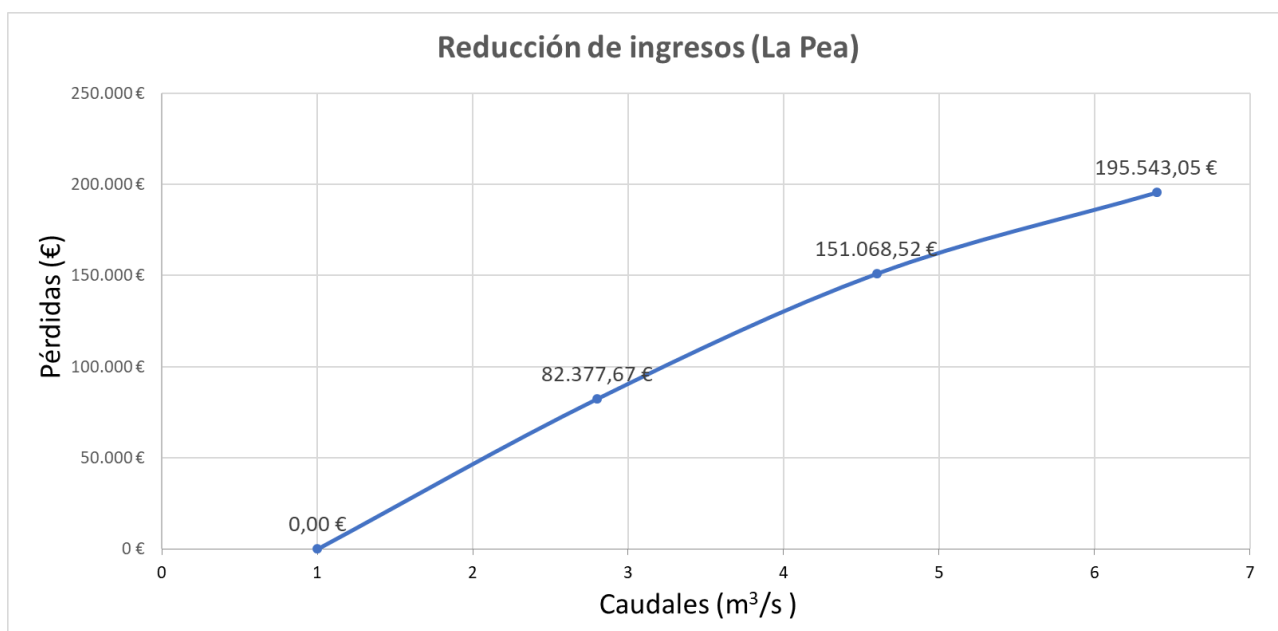


Figura 60: Gráfica de la reducción de ingresos para los distintos escenarios en la central de La Pea.

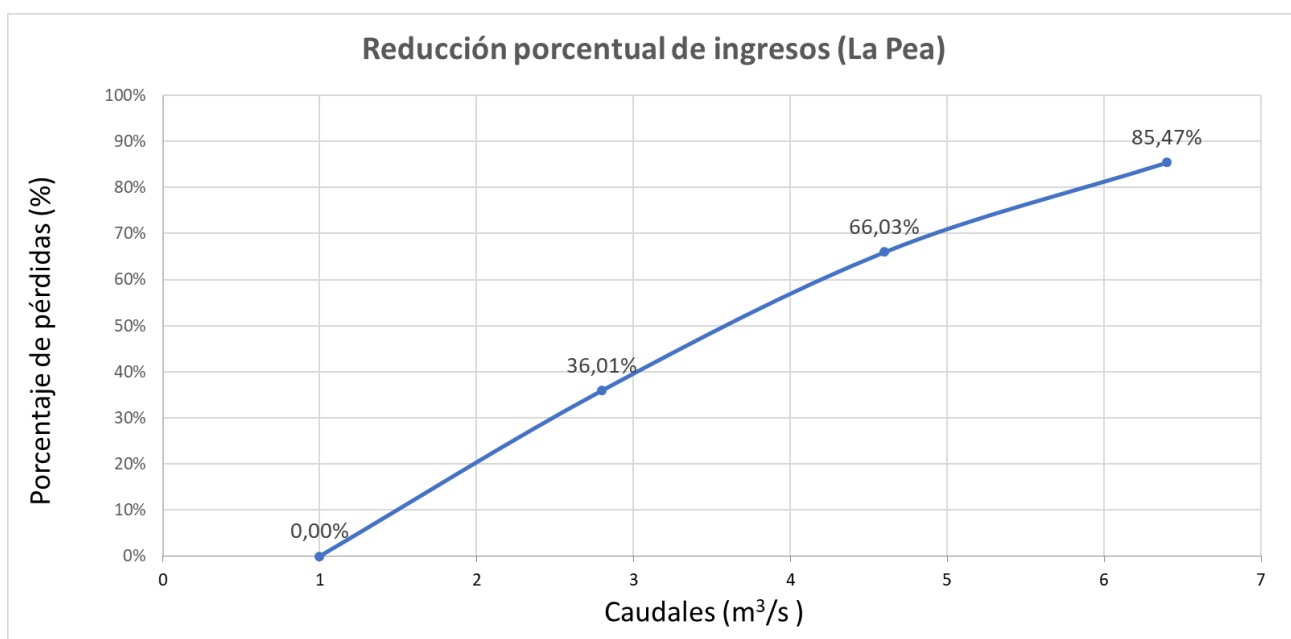


Figura 61: Gráfica para la reducción porcentual de ingresos para los distintos escenarios de la central de La Pea.

REFERENCIAS.

PHJ 2015. Plan Hidrológico de cuenca 2015-2021.

PHJ 2015. Anejo 5 del Plan Hidrológico del Júcar referente al “Régimen de caudales ecológicos”.

PHJ 2015. Anejo 3 del Plan Hidrológico del Júcar referente a “Usos y demandas del agua”.

CHJ 2019. Base de datos de caudales, información sobre las centrales y sobre las producciones de estas proporcionadas por la Confederación Hidrográfica del Júcar.

ROEA, 1988-2018. Red oficial de estaciones de aforo. Base de datos de caudales para los aforos de Los Santos de Castielfabib, Loriguilla y Bugarra desde 1988 hasta 2018.

SAIH, 1988-2018. Sistema automático de información hidrológica. Encargado de captar, transmitir en tiempo real, procesar y presentar aquellos datos que describen el estado hidrológico e hidráulico de la cuenta, incluyendo, por tanto, el conocimiento del régimen hídrico a lo largo de la red fluvial y el estado de las obras hidráulicas principales y de los dispositivos de control que en ellas se ubican. Base de datos de caudales para los aforos de Los Santos de Castielfabib, Loriguilla y Bugarra desde 1988 hasta 2018.

SIA Júcar 1988-2018. Sistema de Información del Agua de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Datos relevantes desde 1988 hasta 2018.

ITE-UPV, 2010. Gestor de proyectos de Instalaciones Energéticas. Energías renovables, eficiencia y auditorías energéticas, diseño y explotación de instalaciones energéticas.

Iberdrola, 2019. Información sobre las centrales gestionadas por la propia empresa, así como producciones y ganancias proporcionadas a través de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Ministerio para la transición ecológica, 2019. Redes de seguimiento del estado e información Hidrológica.