



Trabajo de final de grado

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

Valencia, septiembre 2019

Anejo 1: Cálculo



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1





ÍNDICE

1. Central hidroeléctrica de Albentosa.....	11
1.1 Recopilación de datos.....	11
1.1.1 Datos Ambientales	11
1.1.2 Datos hidrológicos.....	11
1.1.3 Datos funcionales.....	11
1.2 Procesamiento de datos	12
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	12
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,31 m ³ /s.....	13
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	13
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	14
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	15
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	15
1.3 Cálculo de la potencia.....	15
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	16
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,31 m ³ /s.....	16
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	17
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	17
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	18
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	18
1.4 Cálculo de la producción de energía.....	18
1.5 Energía media anual.....	19
1.6 Factor de uso.....	19
.....	20
2. Central hidroeléctrica de Los Villanuevas.....	21
2.1 Recopilación de datos.....	21
2.1.1 Datos Ambientales	21
2.1.2 Datos hidrológicos.....	21
2.1.3 Datos funcionales.....	21
2.2 Procesamiento de datos	22
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	22
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m ³ /s.....	23
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	23
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	24



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	25
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	25
2.3 Cálculo de la potencia.....	25
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	26
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m ³ /s.....	26
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	27
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	27
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	27
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	28
2.4 Cálculo de la producción de energía.....	28
2.5 Energía media anual.....	28
2.6 Factor de uso	29
3. Central hidroeléctrica de Los Cantos.....	31
3.1 Recopilación de datos.....	31
3.1.1 Datos Ambientales	31
3.1.2 Datos hidrológicos.....	31
3.1.3 Datos funcionales.....	31
3.2 Procesamiento de datos	32
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	32
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m ³ /s.....	32
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	33
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	33
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	33
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	34
3.3 Cálculo de la potencia.....	34
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	35
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m ³ /s.....	35
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	35
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	36
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	36
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	36
3.4 Cálculo de la producción de energía.....	37
3.5 Energía media anual.....	38
3.6 Factor de uso	38



4. Central hidroeléctrica de Cirat	39
4.1 Recopilación de datos.....	39
4.1.1 Datos Ambientales	39
4.1.2 Datos hidrológicos.....	39
4.1.3 Datos funcionales.....	39
4.2 Procesamiento de datos	40
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	40
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m ³ /s.....	40
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	41
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	41
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	41
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	42
4.3 Cálculo de la potencia.....	42
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	43
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m ³ /s.....	43
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	43
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	44
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	44
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	44
4.4 Cálculo de la producción de energía.....	45
4.5 Energía media anual.....	45
4.6 Factor de uso.....	46
5. Central hidroeléctrica de Vallat.....	46
5.1 Recopilación de datos.....	46
5.1.1 Datos Ambientales	47
5.1.2 Datos hidrológicos.....	47
5.1.3 Datos funcionales.....	47
5.2 Procesamiento de datos	48
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	48
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,56 m ³ /s.....	48
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	49
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	49
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	49
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	50



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



5.3 Cálculo de la potencia.....	50
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	51
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,56 m ³ /s.....	51
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s.....	51
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s.....	52
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s.....	52
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s.....	52
5.4 Cálculo de la producción de energía.....	53
5.5 Energía media anual.....	53
5.6 Factor de uso.....	53
6. Central hidroeléctrica de Ribesalbes.....	55
6.1 Recopilación de datos.....	55
6.1.1 Datos Ambientales.....	55
6.1.2 Datos hidrológicos.....	55
6.1.3 Datos funcionales.....	55
6.2 Procesamiento de datos.....	56
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	56
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,63 m ³ /s.....	56
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s.....	57
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s.....	57
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s.....	57
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s.....	58
6.3 Cálculo de la potencia.....	58
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	59
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,63 m ³ /s.....	59
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s.....	59
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s.....	60
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s.....	60
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s.....	60
6.4 Cálculo de la producción de energía.....	61
6.5 Energía media anual.....	61
6.6 Factor de uso.....	61
7. Central hidroeléctrica de Colmenar.....	63
7.1 Recopilación de datos.....	63



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



7.1.1 Datos Ambientales	63
7.1.2 Datos hidrológicos.....	63
7.1.3 Datos funcionales.....	63
7.2 Procesamiento de datos	64
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	64
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,63 m ³ /s.....	64
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	65
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	65
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	65
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	66
7.3 Cálculo de la potencia.....	66
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	67
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,63 m ³ /s.....	67
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	67
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	68
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	68
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	68
7.4 Cálculo de la producción de energía.....	69
7.5 Energía media anual.....	69
7.6 Factor de uso.....	69
8. Central hidroeléctrica de Onda.....	71
8.1 Recopilación de datos.....	71
8.1.1 Datos Ambientales	71
8.1.2 Datos hidrológicos.....	71
8.1.3 Datos funcionales.....	71
8.2 Procesamiento de datos	72
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	72
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,95 m ³ /s.....	73
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	73
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	74
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	74
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	75
8.3 Cálculo de la potencia.....	75
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	76



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 2: Caudal ecológico = 0,95 m ³ /s.....	76
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	76
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	77
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	77
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	77
8.4 Cálculo de la producción de energía.....	78
8.5 Energía media anual.....	78
8.6 Factor de uso.....	78
9. Central hidroeléctrica de Hidro	80
9.1 Recopilación de datos.....	80
9.1.1 Datos Ambientales	80
9.1.2 Datos hidrológicos.....	80
9.1.3 Datos funcionales.....	80
9.2 Procesamiento de datos	81
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	81
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,48 m ³ /s.....	81
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	82
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	82
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	82
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	83
9.3 Cálculo de la potencia.....	83
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	83
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,48 m ³ /s.....	84
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	84
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	84
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	85
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	85
9.4 Cálculo de la producción de energía.....	85
9.5 Energía media anual.....	86
9.6 Factor de uso.....	86
10. Central hidroeléctrica de Villarreal.....	87
10.1 Recopilación de datos.....	87
10.1.1 Datos Ambientales	87
10.1.2 Datos hidrológicos.....	87



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



10.1.3 Datos funcionales.....	87
10.2 Procesamiento de datos	88
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	88
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,2 m ³ /s.....	88
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	89
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	89
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	89
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	90
10.3 Cálculo de la potencia.....	90
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m ³ /s.....	91
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,2 m ³ /s.....	91
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m ³ /s	92
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m ³ /s	92
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m ³ /s	93
Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m ³ /s	93
10.4 Cálculo de la producción de energía.....	93
10.5 Energía media anual.....	94
10.6 Factor de uso	94



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1





En el presente anejo se desarrollan los resultados obtenidos en las distintas centrales y cuyos resultados se recogen individualmente al final de cada central y conjuntamente en la memoria del documento.

1. Central hidroeléctrica de Albentosa

1.1 Recopilación de datos

En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de qué manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

1.1.1 Datos Ambientales

La central de Albentosa deriva agua desde un canal en túnel desde la presa de los Toranes y la devuelve al río Mijares aguas abajo del aporte del río Mora. Por tanto, se verá actualmente afectada por un caudal ecológico mínimo de 0,31 m³/s. Este caudal mínimo se exige tras el debido estudio multidisciplinar correspondiente, entre ellos el estudio del hábitat potencial útil de las especies piscícolas objetivo como el de la trucha común.

1.1.2 Datos hidrológicos

La serie hidrológica que indica los caudales medios diarios, con los que se han calculado las curvas de caudales clasificados, se ha registrado y extrapolado proporcionalmente desde la estación de aforo perteneciente a la Red Oficial de Estaciones de Aforo con el código 8134, la cual se encuentra aguas debajo de la central de los Cantos en la cola del embalse de Arenós.

La estación de aforo registra caudales medios diarios desde el 1 de octubre de 1968 hasta el 28 de junio de 2019, pero para tener un marco de referencia común entre todas las centrales se ha elegido un periodo representativo de 26 años, desde el 1 de enero de 1992 hasta el 31 de diciembre de 2018.

1.1.3 Datos funcionales



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



La central, como se ha mencionado, deriva agua desde la presa de los Toranes a través de un canal con un caudal máximo de 6,8 m³/s hasta 2 grupos con una potencia instalada de 5,92 MW instalados respectivamente.

Un salto bruto de 124,8 m la convierte en la segunda central hidroeléctrica en cuanto a salto bruto del río Mijares.

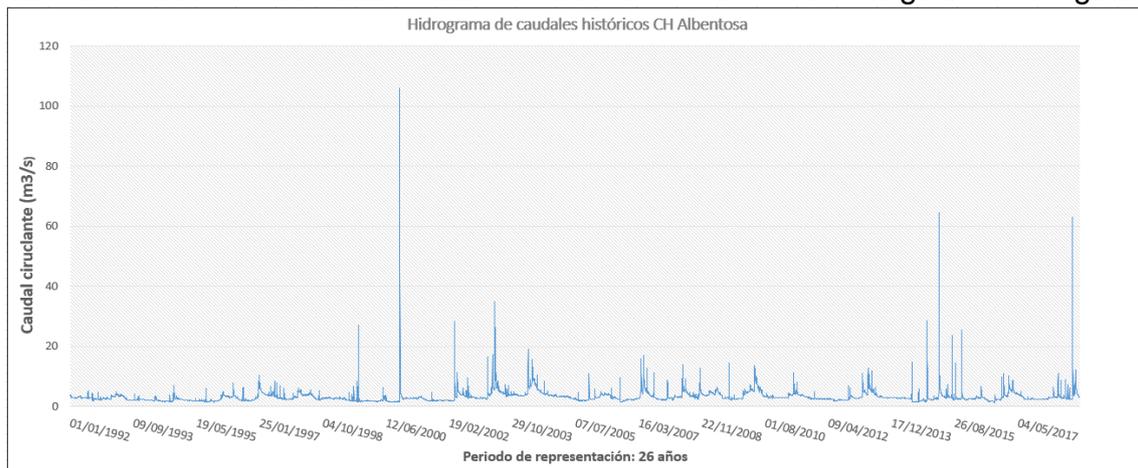
Los distintos escenarios por evaluar serán la progresión desde un caudal ecológico mínimo nulo hasta el régimen natural del río en torno a m³/s.

- 1) Caudal ecológico= 0 m³/s
- 2) Caudal ecológico = 0,31 m³/s
- 3) Caudal ecológico = 1 m³/s
- 4) Caudal ecológico = 2 m³/s
- 5) Caudal ecológico = 3 m³/s
- 6) Caudal ecológico = 4 m³/s

1.2 Procesamiento de datos

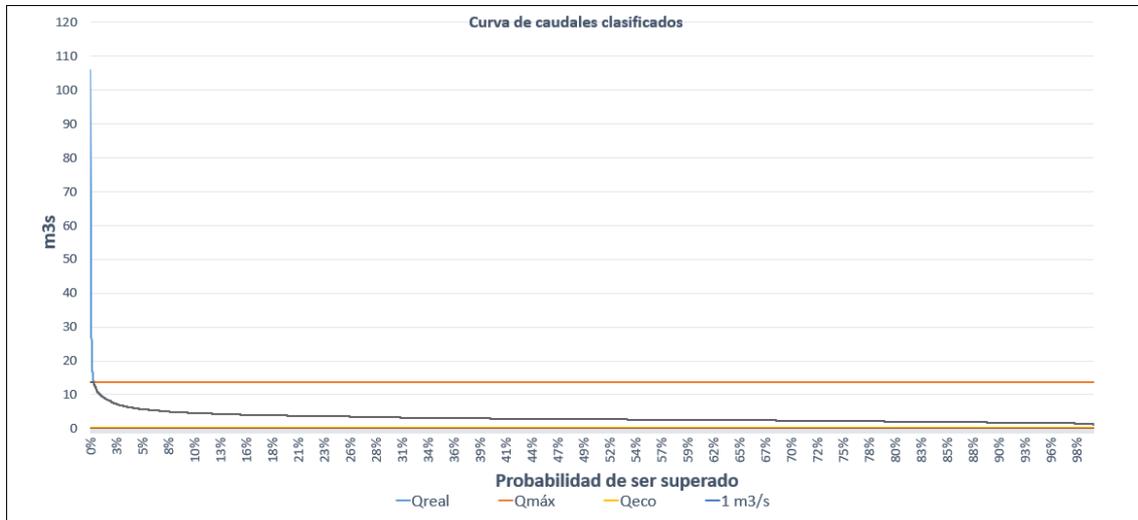
La curva de caudales máximos se elabora ordenando de mayor a menor los caudales registrados, en este caso por el aforo a la entrada de Arenós, asignándoles mediante la fórmula de probabilidad empírica de Weibull la probabilidad de ser superados. Una vez compuesta la curva de caudales clasificados se limita, como se ha mencionado, el régimen de caudales turbinables mediante un caudal máximo turbinable y el caudal ecológico.

Por lo tanto, los caudales registrados en el aforo y extrapolados a la toma de la central de Albentosa se muestran en la siguiente figura.



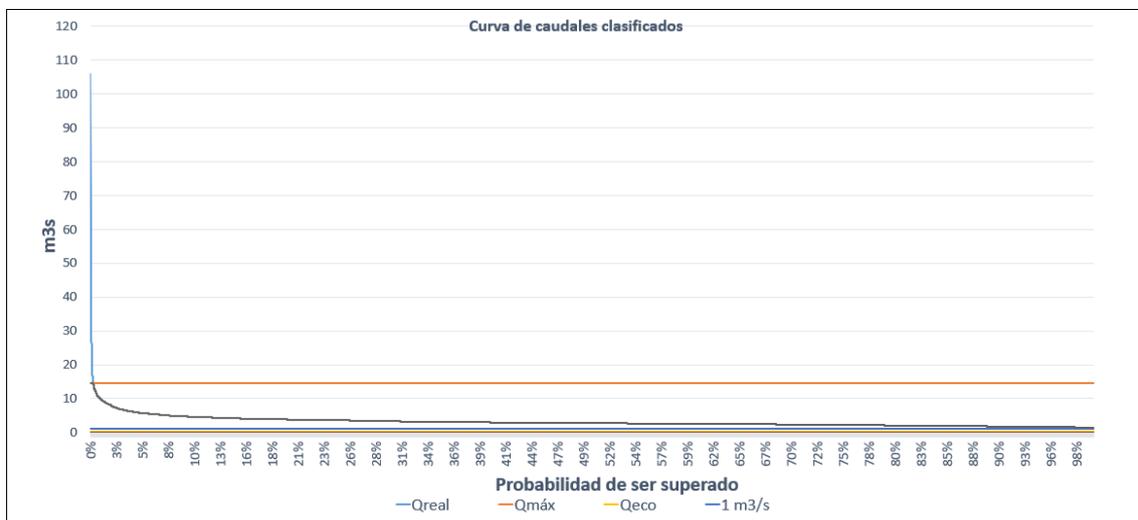
Se ven a continuación los diferentes escenarios referidos a los diferentes caudales ecológicos mínimos propuestos para apreciar las variaciones en las curvas de caudales clasificados y en las curvas de la potencia instantánea media diaria.

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



En el caso donde el caudal ecológico es cero es el menos beneficioso para el ecosistema pues dreña el río de agua, sin embargo, para la central hidroeléctrica es la situación de máximo aprovechamiento.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,31 m³/s

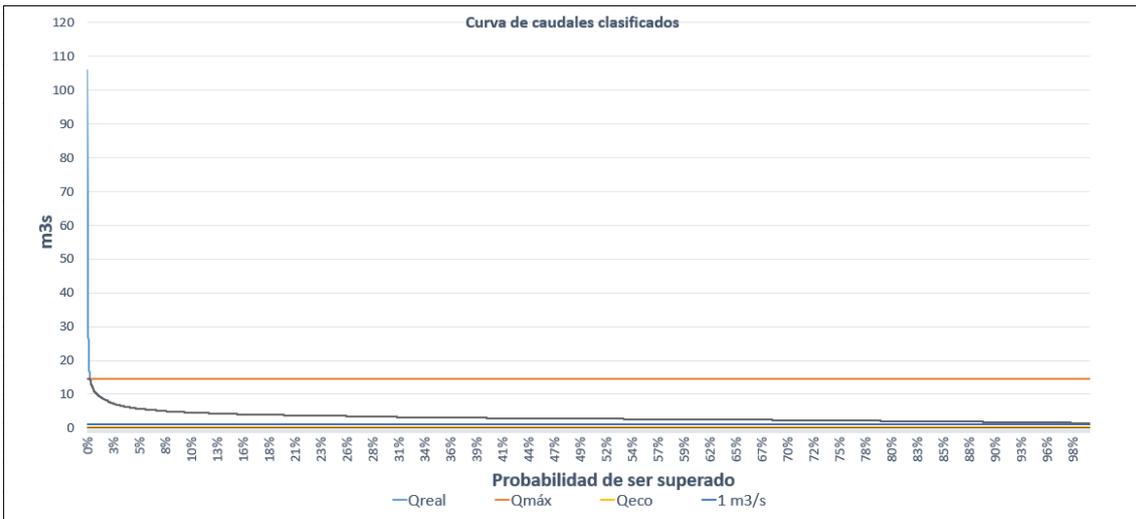


En la situación actual el caudal ecológico mínimo exigido en el tramo del río es de 0,31 m³/s, aunque como se va a ver en las distintas situaciones de la potencia instantánea posible de momento la central no se ve afectada por la subida del caudal mínimo en el río.

Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s

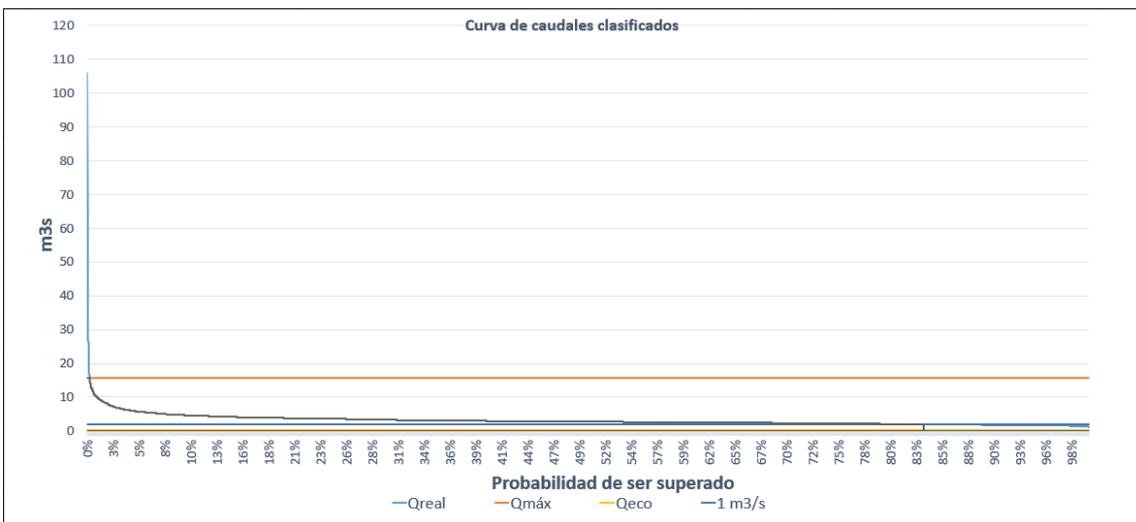


ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



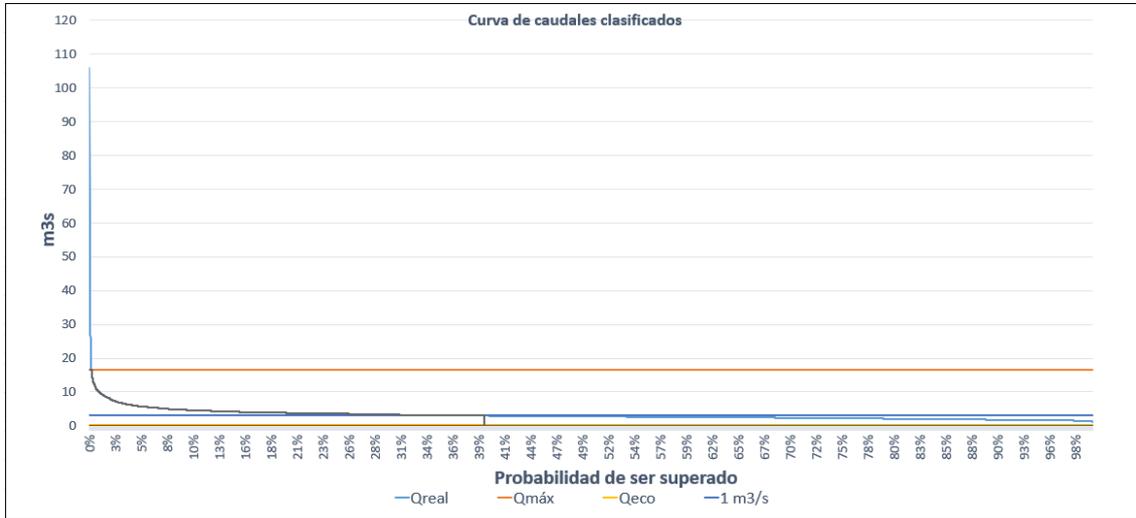
En el escenario 3 se presenta la misma situación que en el 2 donde la central no se ve afectada por la subida hasta 1 m³/s de caudal mínimo.

Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



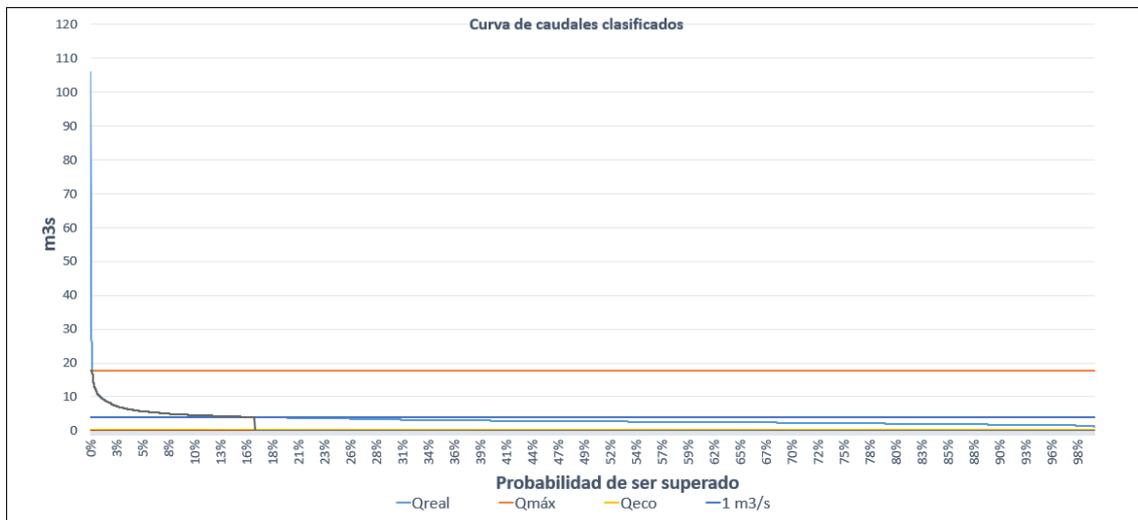
Sin embargo, en este escenario, cuando el caudal ecológico mínimo es 2 m³/s ya se aprecian pérdidas por exigir un caudal mínimo en el río.

Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



Con un caudal mínimo de 3 m³/s las pérdidas aumentan.

Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



Con un régimen natural en el río Mijares, es decir cuando circula por el río 4 m³/s es la situación más desfavorable para la central pero posiblemente más beneficiosa para el río, cosa que se comprobará observando el hábitat potencial útil de las especies objetivo en cada tramo de río.

1.3 Cálculo de la potencia

Una vez se ha obtenido el régimen de caudales turbinables, para cada uno se calcula la potencia media diaria que se ha producido, mediante la fórmula:

$$Pe(kW) = 9,81 * \eta_t * \eta_g * \eta_m * Q * H$$

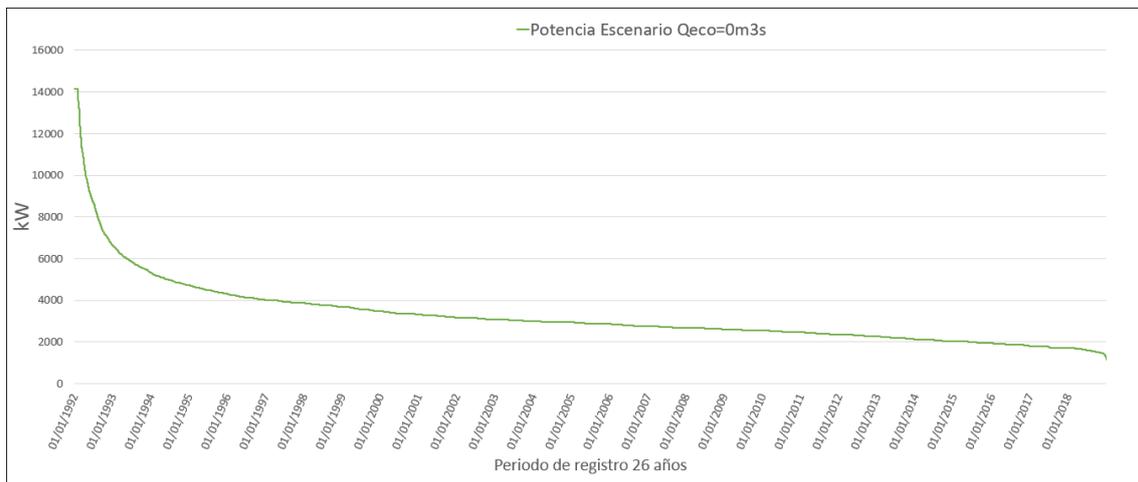


ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



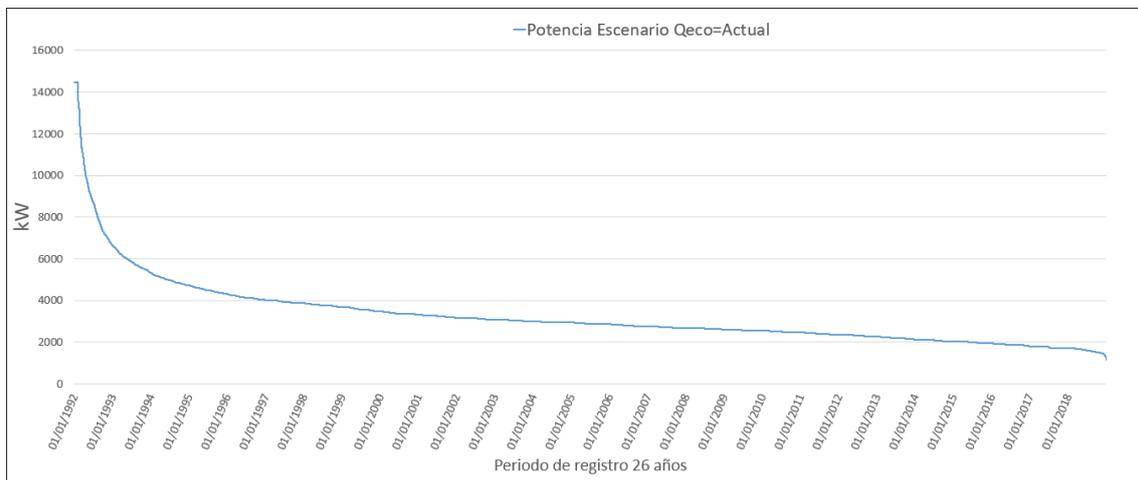
Que nos permite obtener los kW medios diarios estadísticos que se ven reflejados en las siguientes figuras para cada escenario evaluado:

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



En el escenario uno el régimen de la potencia instantánea media diaria es máxima.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,31 m³/s



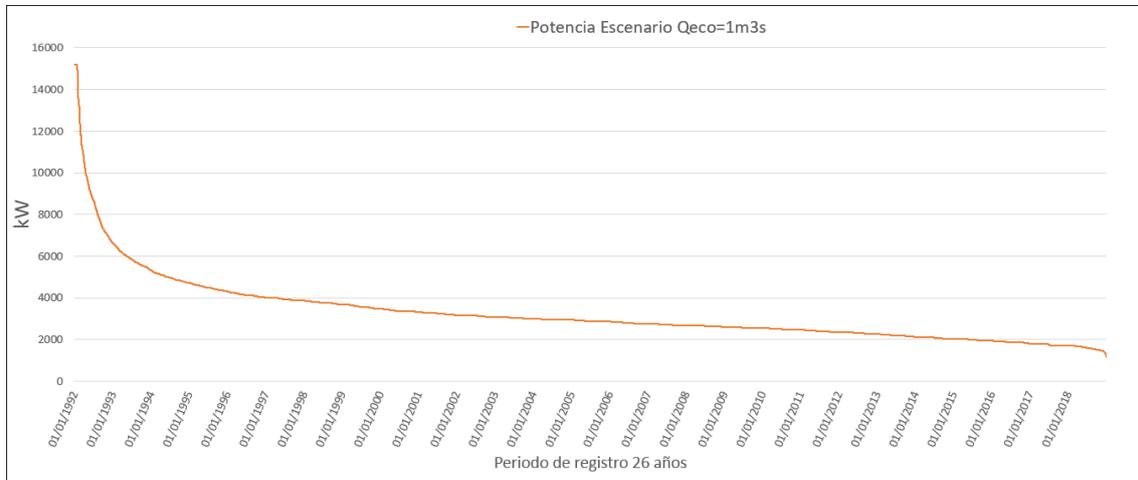
Como se veía en los escenarios de caudal ecológico el caudal mínimo actual no afectaba a la central y el régimen se mantiene máximo.



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

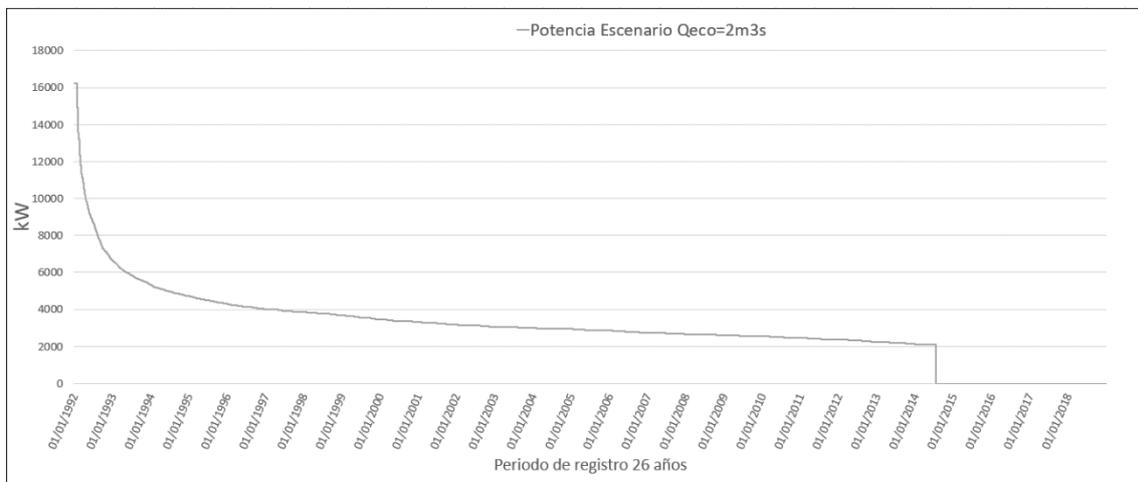


Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



De la misma manera que el anterior escenario se comporta la central para el aumento del caudal ecológico mínimo a 1 m³/s.

Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



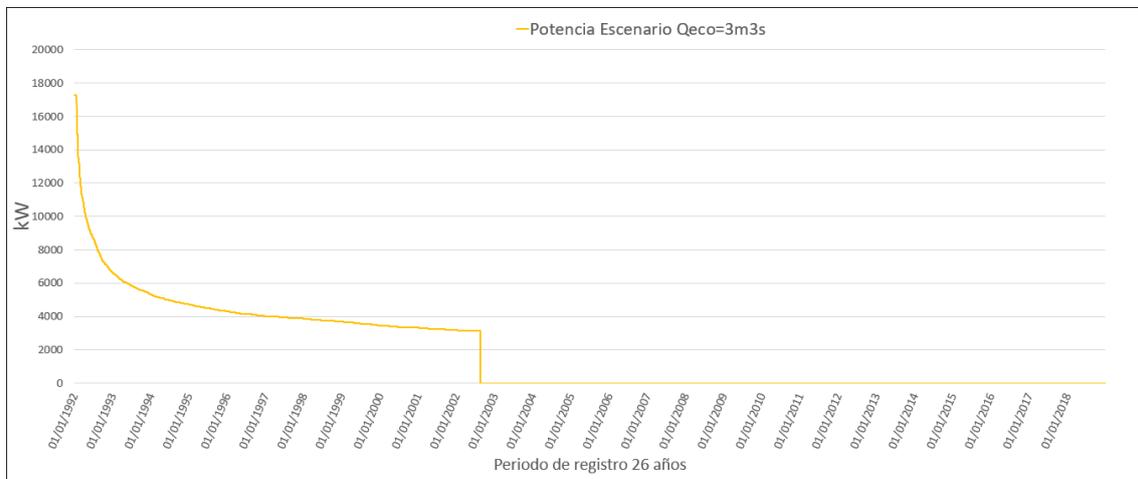
Al aumentar a 2 m³/s ya se empiezan a notar las reducciones en el régimen de la potencia.



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

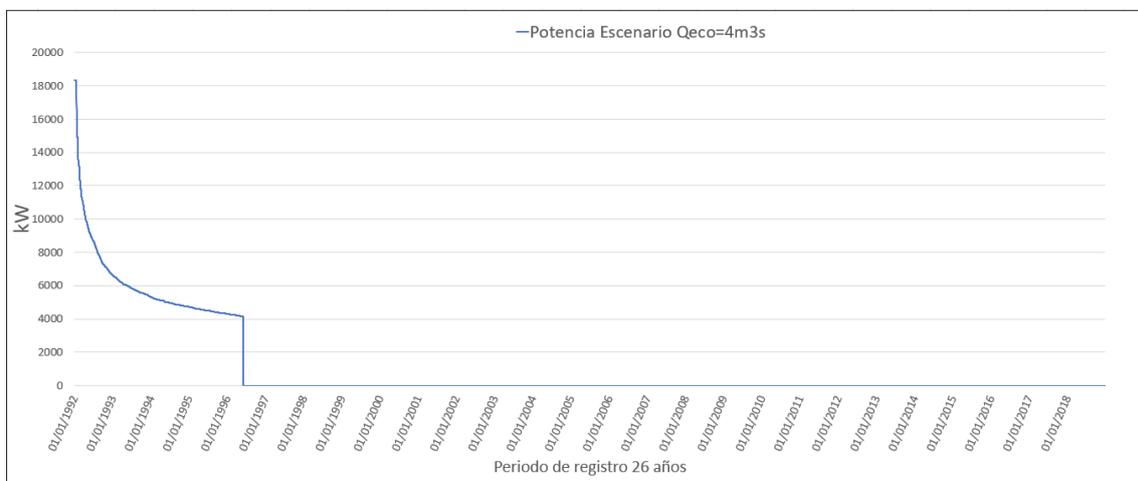


Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



En el escenario 5 se aprecia el decrecimiento del régimen respecto del anterior escenario.

Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



En el caso del régimen natural se presenta el caso más drástico para la central con la máxima reducción de la potencia instantánea media diaria.

1.4 Cálculo de la producción de energía

Una vez obtenida la potencia media diaria de cada escenario el objetivo es el de hallar los GWh/año, para ello se considera la hipótesis de que la central turbine las 24 horas al día, por lo que habrá que el proceso de cálculo constará de:

- 1) Se suma de todas las potencias diarias de cada escenario, resultado en kW
- 2) Se multiplica por 24h para obtener la producción energética de los 26 años, resultado en kWh



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



- 3) Se divide entre 26 años para obtener la máxima producción energética media anual.
- 4) Se divide entre 1000 para convertir el resultado a la unidad de GWh/año

1.5 Energía media anual

En la siguiente tabla se muestran la producción eléctrica según el caudal ecológico propuesto en cada escenario.

Escenarios de Qeco (m^3/s)	GWh/año
0	29,73
0,31	29,73
1	29,73
2	27,04
3	16,49
4	8,99

1.6 Factor de uso

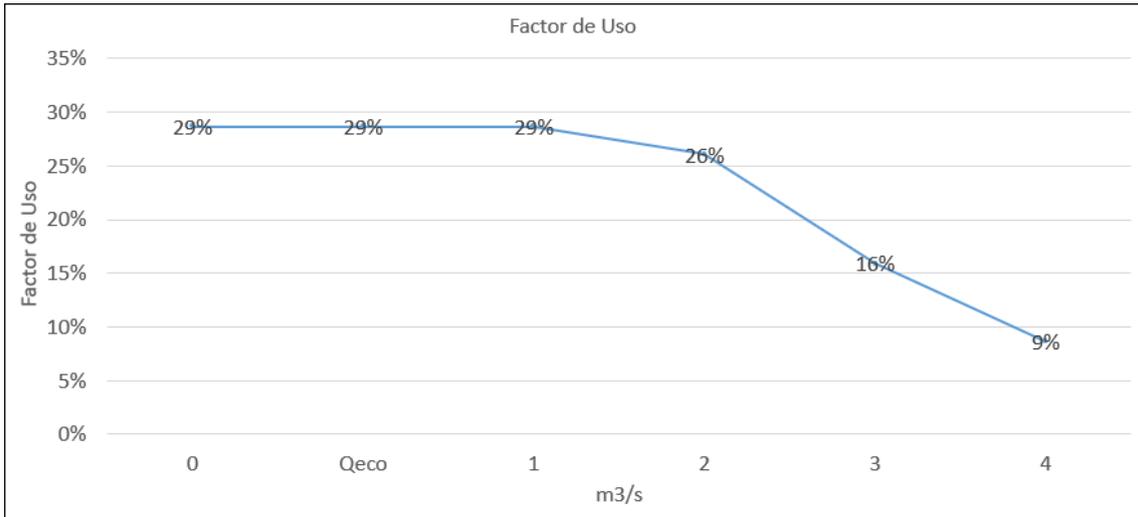
El factor de uso de esta central, la cual tiene una potencia instalada de 11,84 MW y por tanto la energía máxima producible es, por tanto:

$$E = 11,84MW * 8760 h/año * \frac{1}{1000} GW/MW = 103,71 GWh/año$$

Es en cada escenario la división entre la energía generada y el máximo posible, siendo los resultados mostrados en la siguiente figura:



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1





2. Central hidroeléctrica de Los Villanuevas

2.1 Recopilación de datos

En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de que manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

2.1.1 Datos Ambientales

La central de Los Villanuevas deriva agua desde un canal inmediatamente aguas abajo del retorno de la central de Albentosa y la devuelve al río Mijares aguas debajo de la propia central. Por tanto, se ve actualmente afectada por un caudal ecológico mínimo de $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Este caudal mínimo se exige tras el debido estudio multidisciplinar correspondiente, entre ellos el estudio del hábitat potencial útil de las especies piscícolas objetivo como el del barbo.

2.1.2 Datos hidrológicos

La serie hidrológica que indica los caudales medios diarios, con los que se han calculado las curvas de caudales clasificados, se ha registrado y extrapolado proporcionalmente desde la estación de aforo perteneciente a la Red Oficial de Estaciones de Aforo con el código 8134, la cual se encuentra aguas debajo de la central de los Cantos en la cola del embalse de Arenós.

La estación de aforo registra caudales medios diarios desde el 1 de octubre de 1968 hasta el 28 de junio de 2019, pero para tener un marco de referencia común entre todas las centrales se ha elegido un periodo representativo de 26 años, desde el 1 de enero de 1992 hasta el 31 de diciembre de 2018.

2.1.3 Datos funcionales

La central deriva agua a través de un canal con un caudal máximo de $7 \text{ m}^3/\text{s}$ hasta las turbinas con una capacidad máxima de $7 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual nos indica el límite máximo de nuestro régimen de caudales turbinables.

El salto bruto nos permitirá hallar la potencia generada, en el caso de la central de onda este salto es de 48,5 metros.

El límite inferior será definido por el caudal ecológico de cada escenario a analizar. En el caso de la central de Los Villanuevas, los escenarios son:

- 1) Caudal ecológico= $0 \text{ m}^3/\text{s}$



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

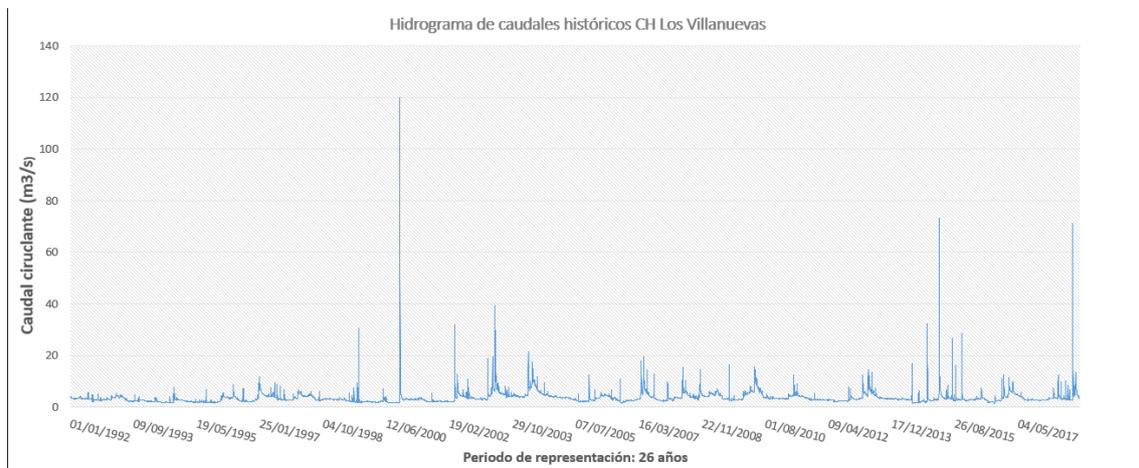


- 2) Caudal ecológico = 0,4 m³/s
- 3) Caudal ecológico = 1 m³/s
- 4) Caudal ecológico = 2 m³/s
- 5) Caudal ecológico = 3 m³/s
- 6) Caudal ecológico = 4 m³/s

2.2 Procesamiento de datos

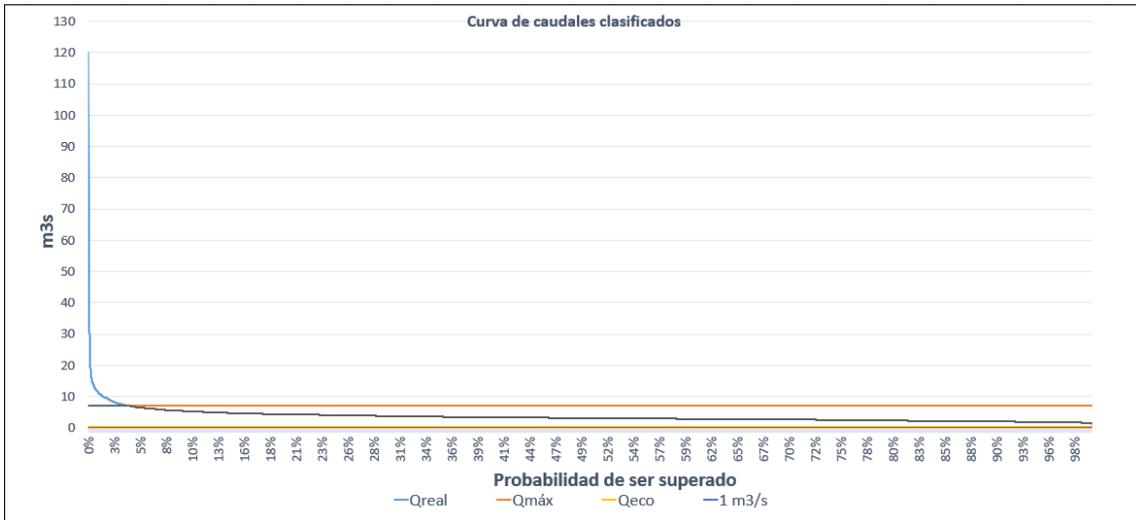
La curva de caudales máximos se elabora ordenando de mayor a menor los caudales registrados, en este caso por el aforo a la entrada de Arenós, asignándoles mediante la fórmula de probabilidad empírica de Weibull la probabilidad de ser superados. Una vez compuesta la curva de caudales clasificados se limita, como se ha mencionado, el régimen de caudales turbinables mediante un caudal máximo turbinable y el caudal ecológico.

Por lo tanto, los caudales registrados en el aforo y extrapolados a la toma de la central de Los Villanuevas se muestran en la siguiente figura.



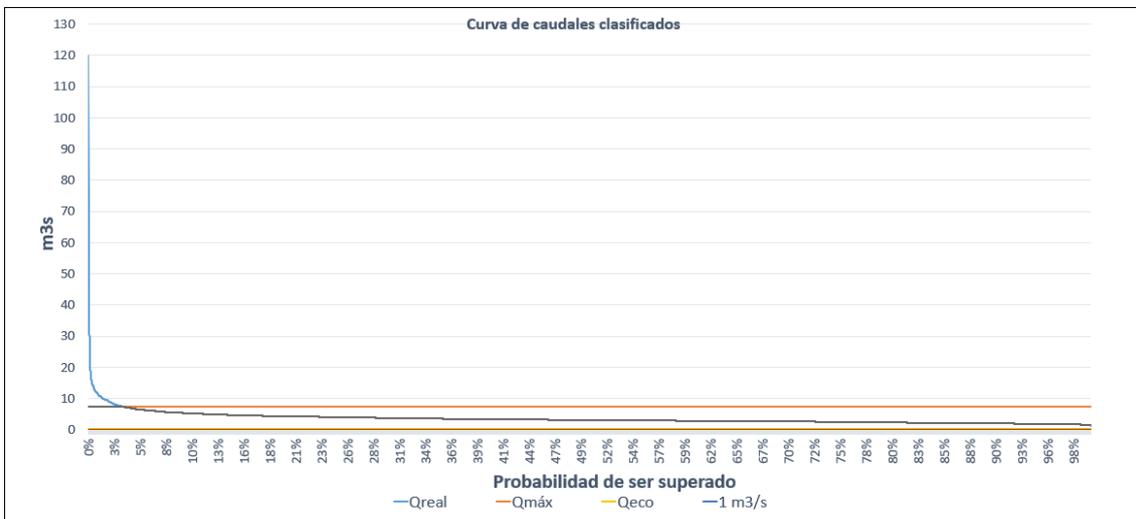
De la cual, como se ha explicado, se obtienen las distintas curvas de caudales clasificados para cada escenario.

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



En el caso donde el caudal ecológico es cero es el menos beneficioso para el ecosistema pues drena el río de agua, sin embargo, para la central hidroeléctrica es la situación de máximo aprovechamiento.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m³/s

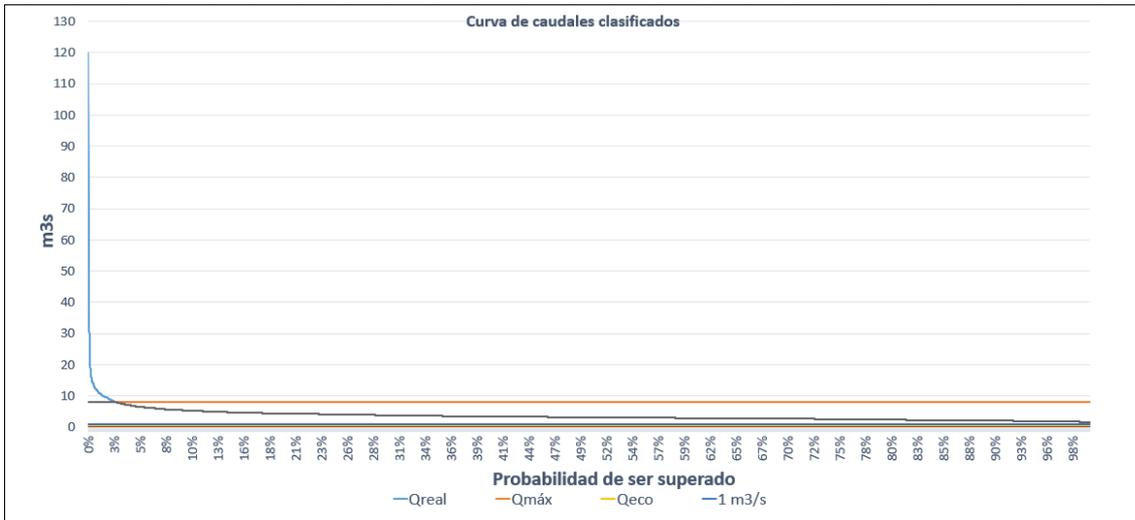


Se observa que con el caudal ecológico actual la central no se ve afectada.

Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s

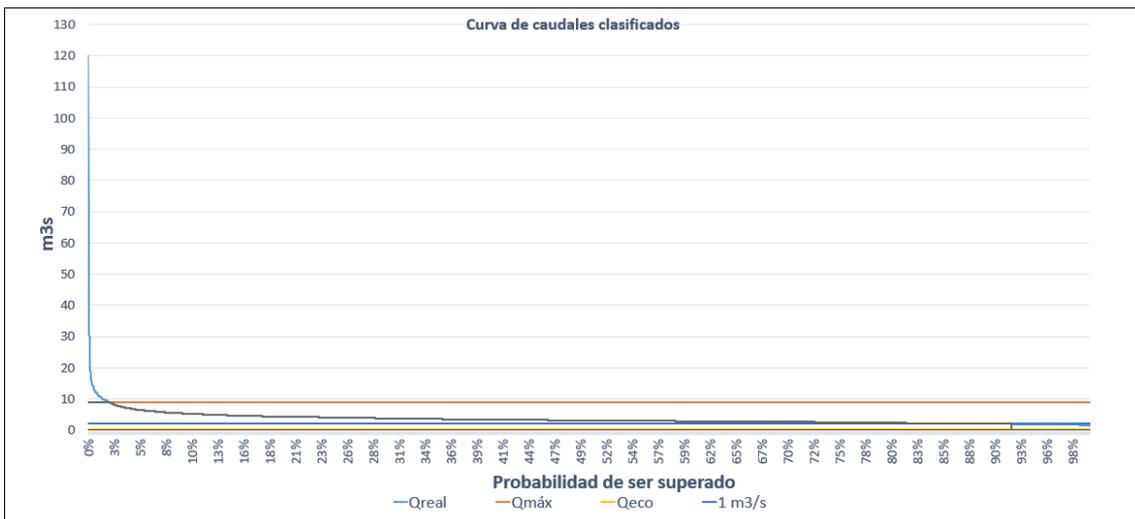


ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

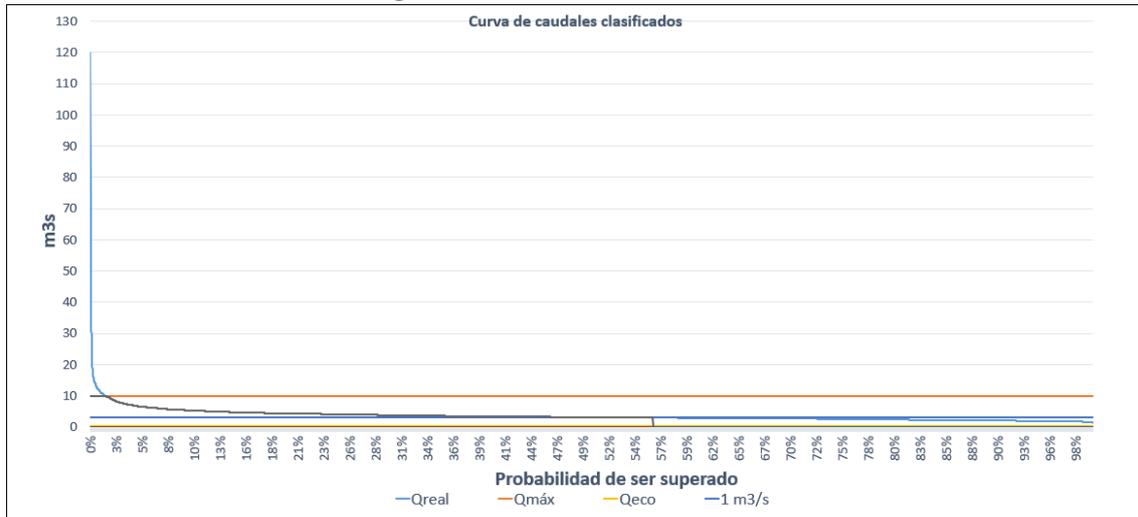


Si se aumenta hasta 1 m³/s la central tampoco nota pérdidas.

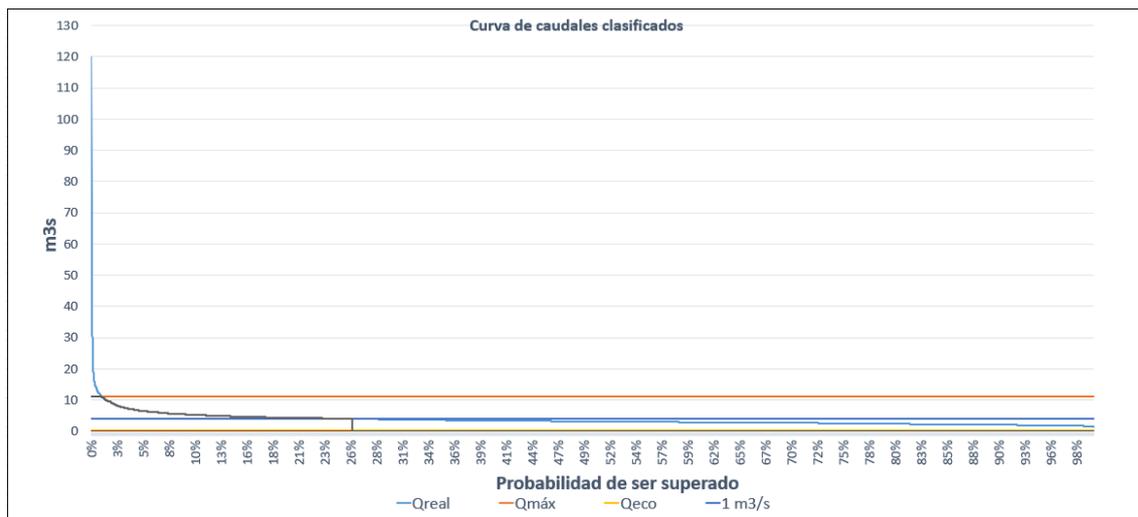
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



Con un régimen natural en el río Mijares, es decir cuando circula por el río 4 m³/s es la situación más desfavorable para la central pero posiblemente más beneficiosa para el río, cosa que se comprobará observando el hábitat potencial útil de las especies objetivo en cada tramo de río.

2.3 Cálculo de la potencia

Una vez se ha obtenido el régimen de caudales turbinables, para cada uno se calcula la potencia media diaria que se ha producido, mediante la formula

$$Pe(kW) = 9,81 * \eta_t * \eta_g * \eta_m * Q * H$$

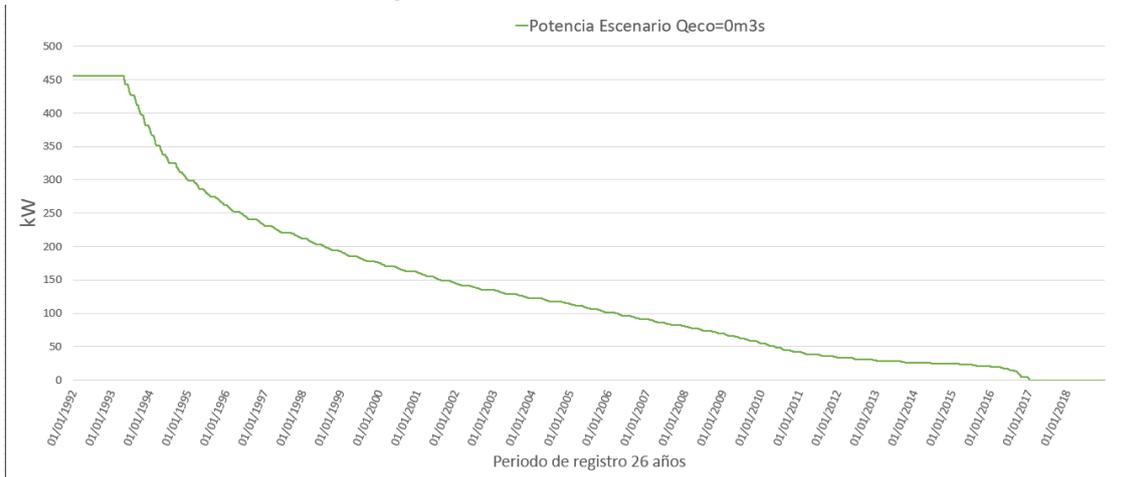


ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

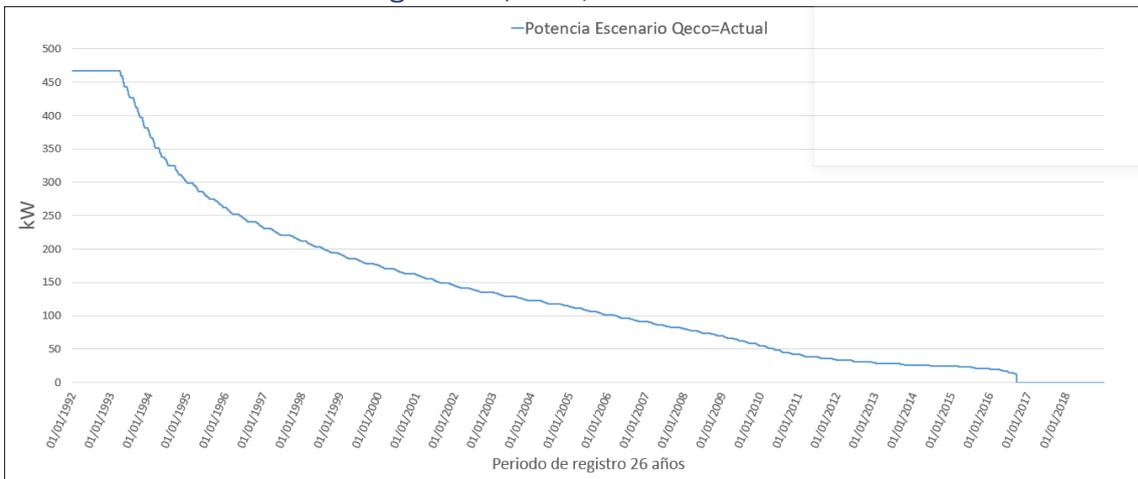


Que nos permite obtener los kW medios diarios estadísticos que se ven reflejados en las siguientes figuras para cada escenario evaluado:

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m³/s

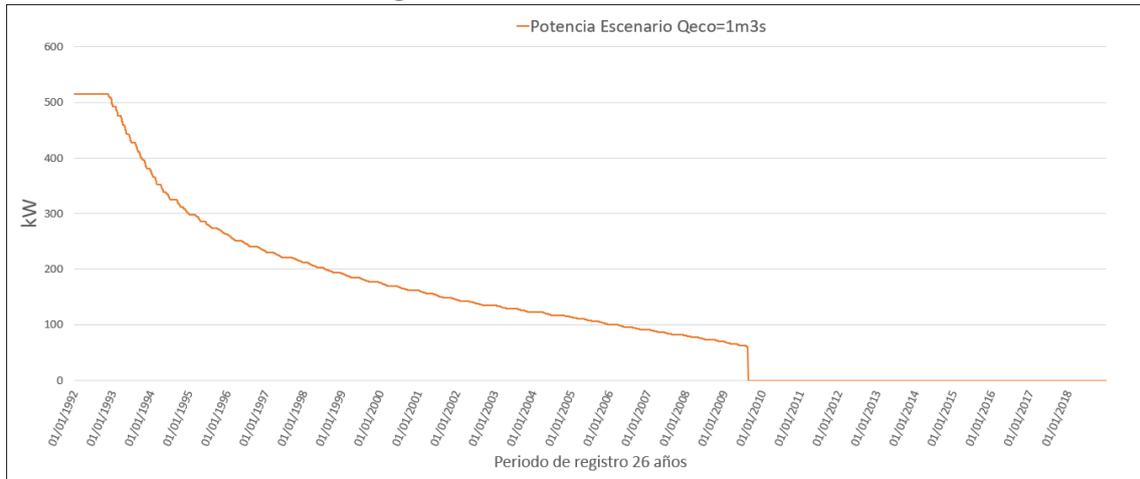




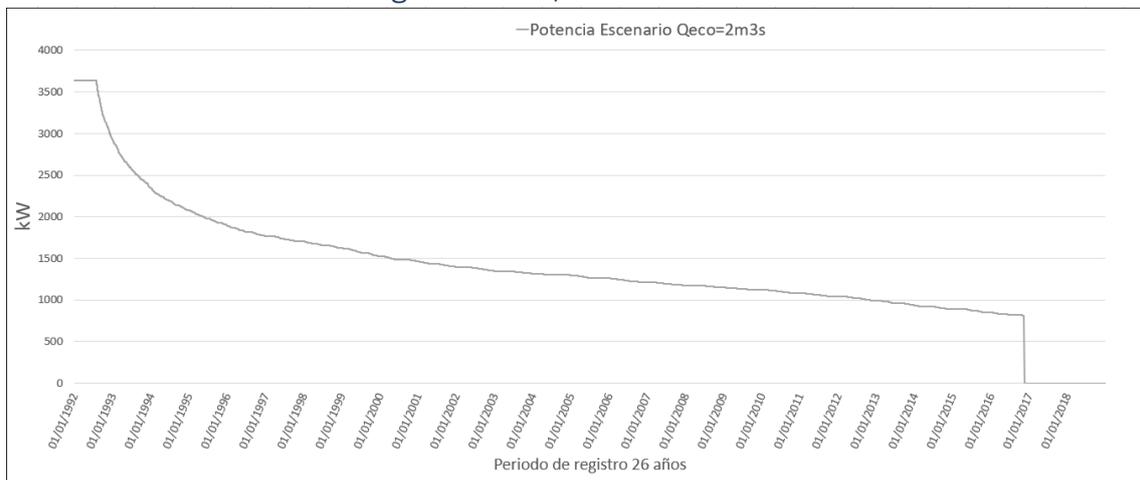
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



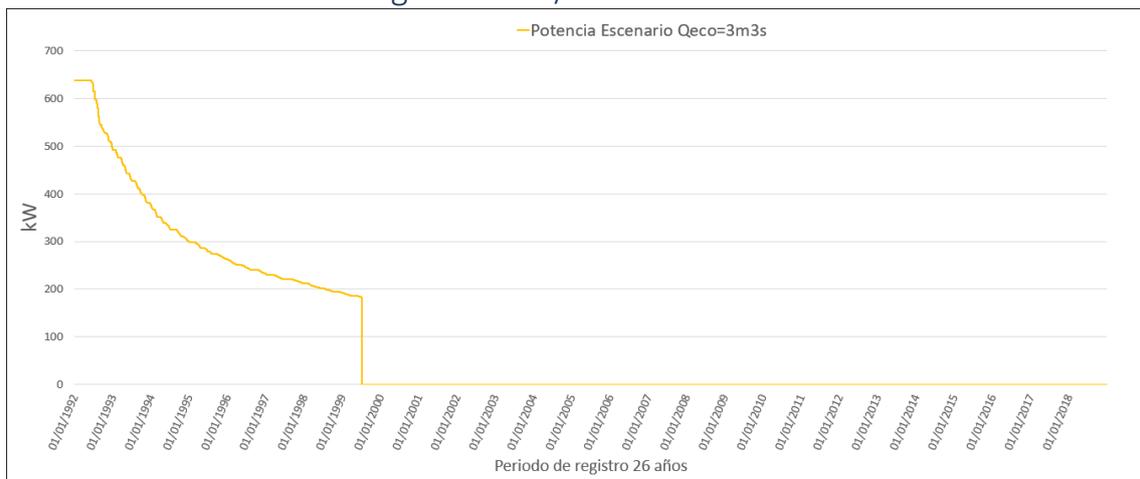
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s

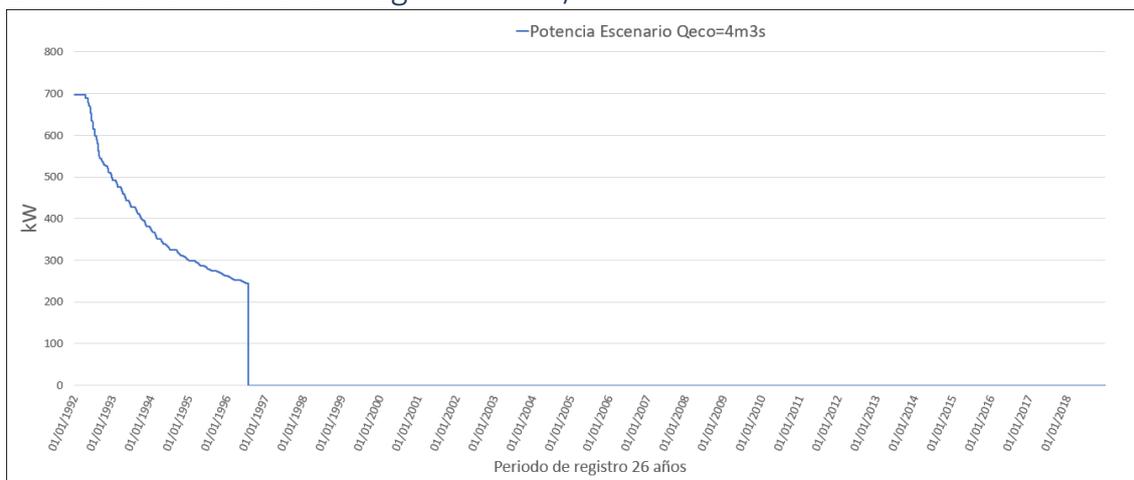


Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s





Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



En el caso del régimen natural se presenta el caso más drástico para la central con la máxima reducción de la potencia instantánea media diaria.

2.4 Cálculo de la producción de energía

Una vez obtenida la potencia media diaria de cada escenario el objetivo es el de hallar los GWh/año, para ello se considera la hipótesis de que la central turbine las 24 horas al día, por lo que habrá que el proceso de cálculo constará de:

- 1) Se suma de todas las potencias diarias de cada escenario, resultado en kW
- 2) Se multiplica por 24h para obtener la producción energética de los 26 años, resultado en kWh
- 3) Se divide entre 26 años para obtener la máxima producción energética media anual.

Se divide entre 1000 para convertir el resultado a la unidad de GWh/año

2.5 Energía media anual

En la siguiente tabla se muestran la producción eléctrica según el caudal ecológico propuesto en cada escenario.

Escenarios de Qeco (m ³ /s)	GWh/año
0	12,66
0,4	12,66
1	12,66



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



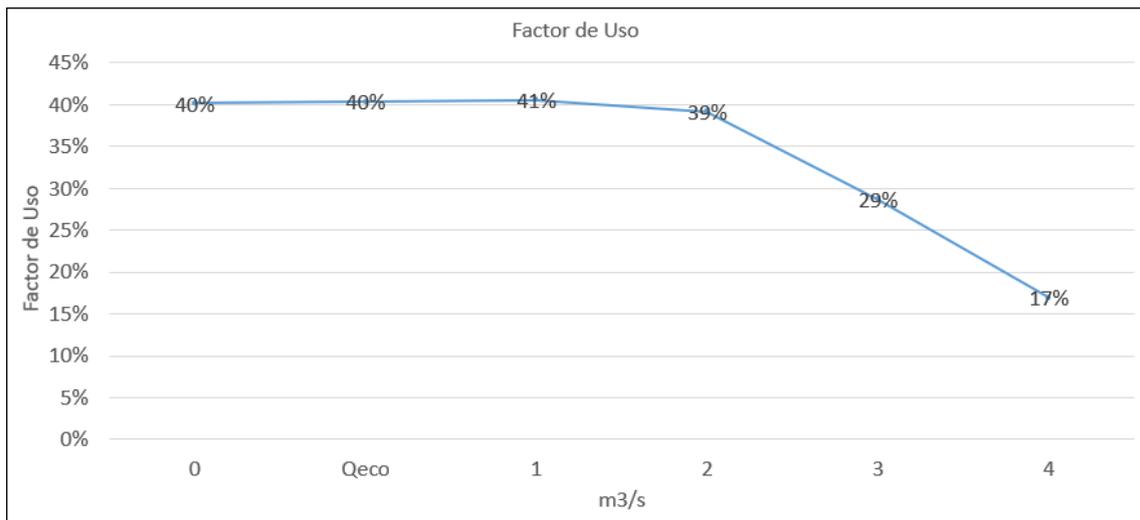
2	12,34
3	9,05
4	5,33

2.6 Factor de uso

El factor de uso de esta central, la cual tiene una potencia instalada de 3,6 MW y por tanto la energía máxima producible es, por tanto:

$$E = 3,6 \text{ MW} * 8760 \text{ h/año} * \frac{1}{1000} \text{ GW/MW} = 31,54 \text{ GWh/año}$$

Es en cada escenario la división entre la energía generada y el máximo posible, siendo los resultados mostrados en la siguiente figura:





ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES
HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES
ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1





3. Central hidroeléctrica de Los Cantos

3.1 Recopilación de datos

En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de qué manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

3.1.1 Datos Ambientales

La central de Los Cantos deriva agua desde un canal en túnel aguas abajo del retorno de la central de Los Villanuevas. Por tanto, se verá actualmente afectada por un caudal ecológico mínimo de $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Este caudal mínimo se exige tras el debido estudio multidisciplinar correspondiente, entre ellos el estudio del hábitat potencial útil de las especies piscícolas objetivo como el de la trucha común.

3.1.2 Datos hidrológicos

La serie hidrológica que indica los caudales medios diarios, con los que se han calculado las curvas de caudales clasificados, se ha registrado y extrapolado proporcionalmente desde la estación de aforo perteneciente a la Red Oficial de Estaciones de Aforo con el código 8134, la cual se encuentra aguas debajo de la central de los Cantos en la cola del embalse de Arenós.

La estación de aforo registra caudales medios diarios desde el 1 de octubre de 1968 hasta el 28 de junio de 2019, pero para tener un marco de referencia común entre todas las centrales se ha elegido un periodo representativo de 26 años, desde el 1 de enero de 1992 hasta el 31 de diciembre de 2018.

3.1.3 Datos funcionales

La central, como se ha mencionado, deriva agua desde el río Mijares a través de un canal con un caudal máximo de $8 \text{ m}^3/\text{s}$ hasta 2 grupos con una potencia instalada de 2,4 MW instalados respectivamente.

Un salto bruto de 62,0 m la convierte en una de las centrales importantes que derivan del río Mijares.

Los distintos escenarios por evaluar serán la progresión desde un caudal ecológico mínimo nulo hasta el régimen natural del río en torno a $4 \text{ m}^3/\text{s}$.

- 1) Caudal ecológico= $0 \text{ m}^3/\text{s}$



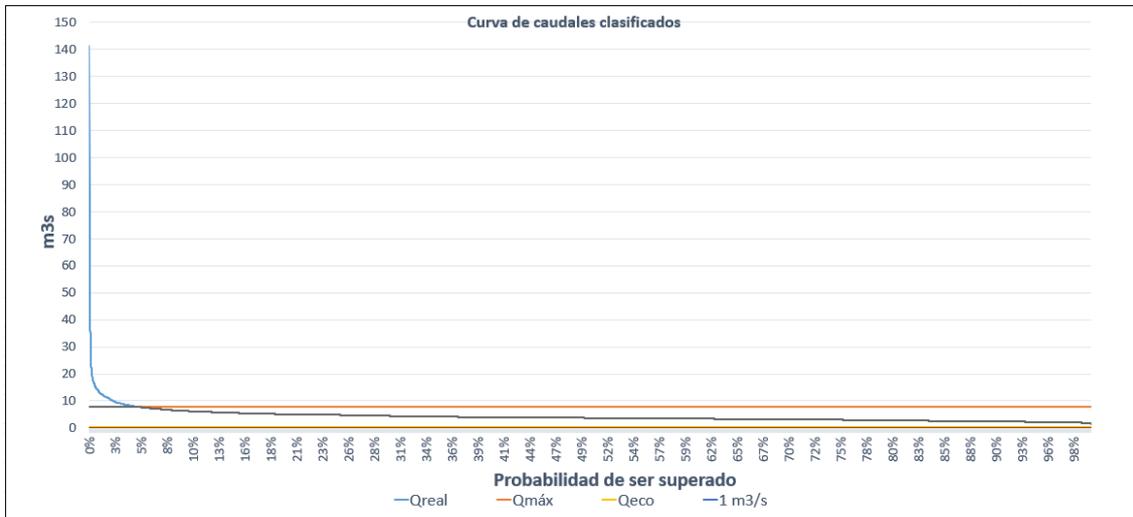
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



- 2) Caudal ecológico = 0,4 m³/s
- 3) Caudal ecológico = 1 m³/s
- 4) Caudal ecológico = 2 m³/s
- 5) Caudal ecológico = 3 m³/s
- 6) Caudal ecológico = 4 m³/s

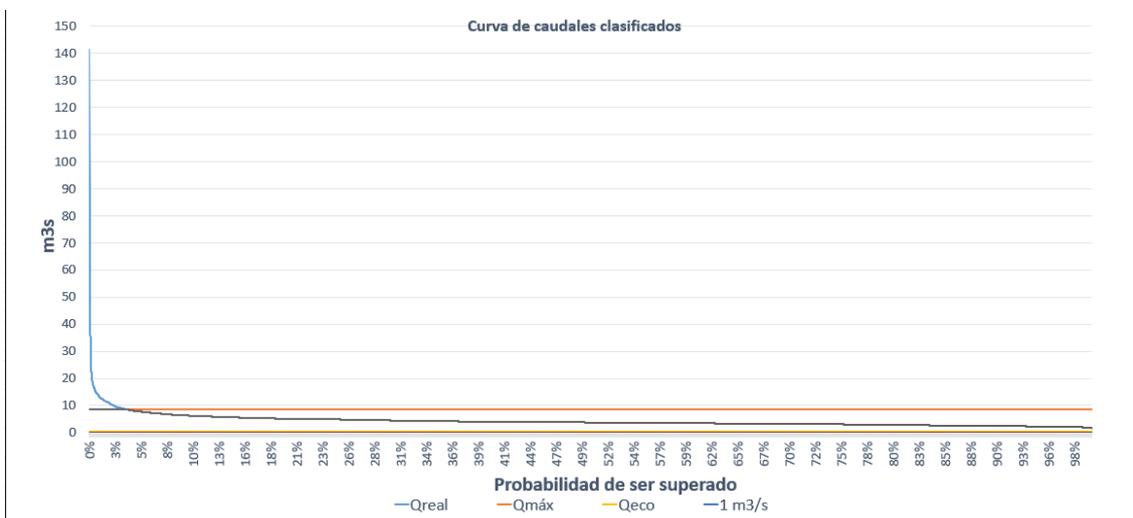
3.2 Procesamiento de datos

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



En el caso donde el caudal ecológico es cero es el menos beneficioso para el ecosistema pues dreña el río de agua, sin embargo, para la central hidroeléctrica es la situación de máximo aprovechamiento.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m³/s

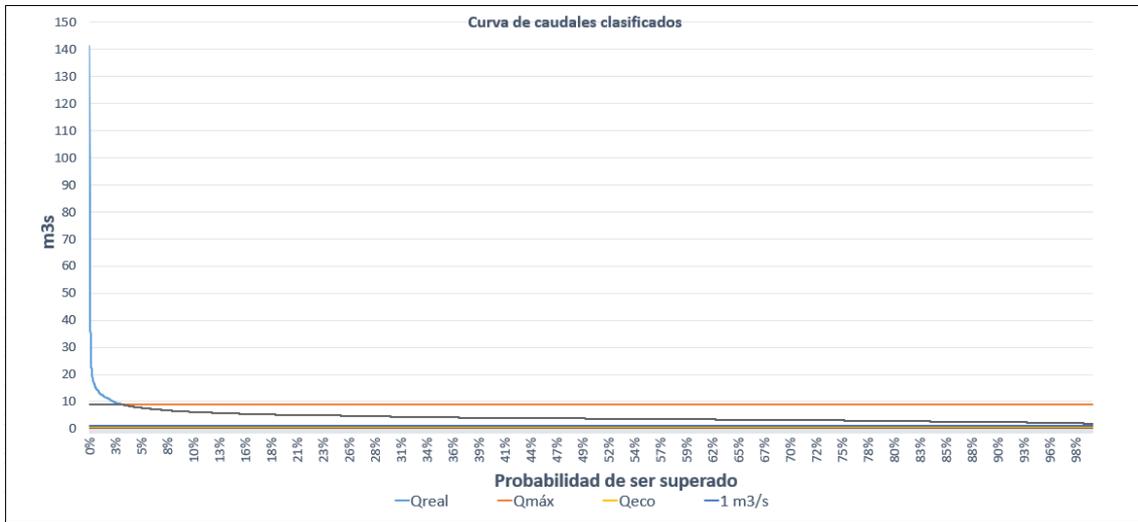




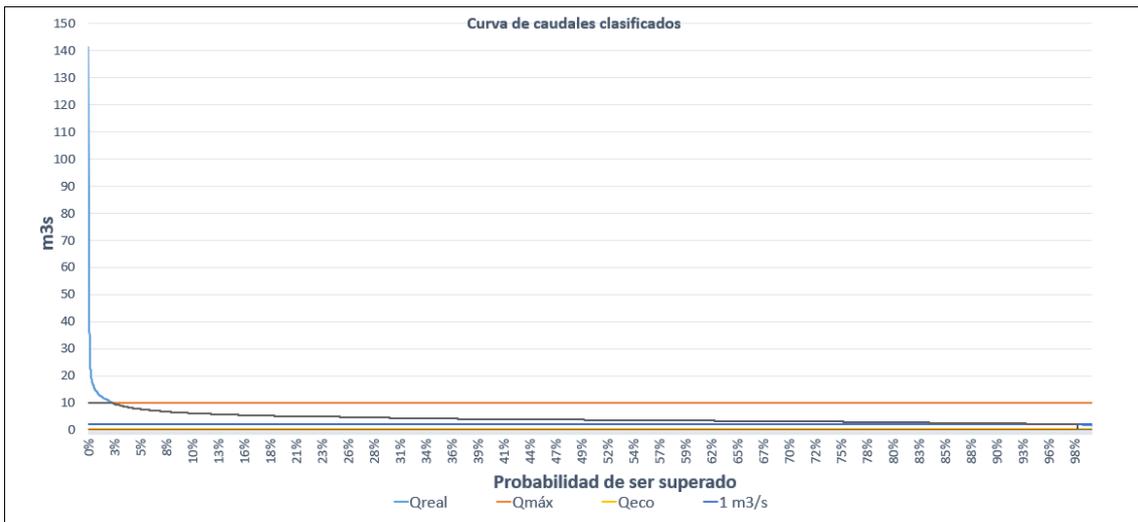
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



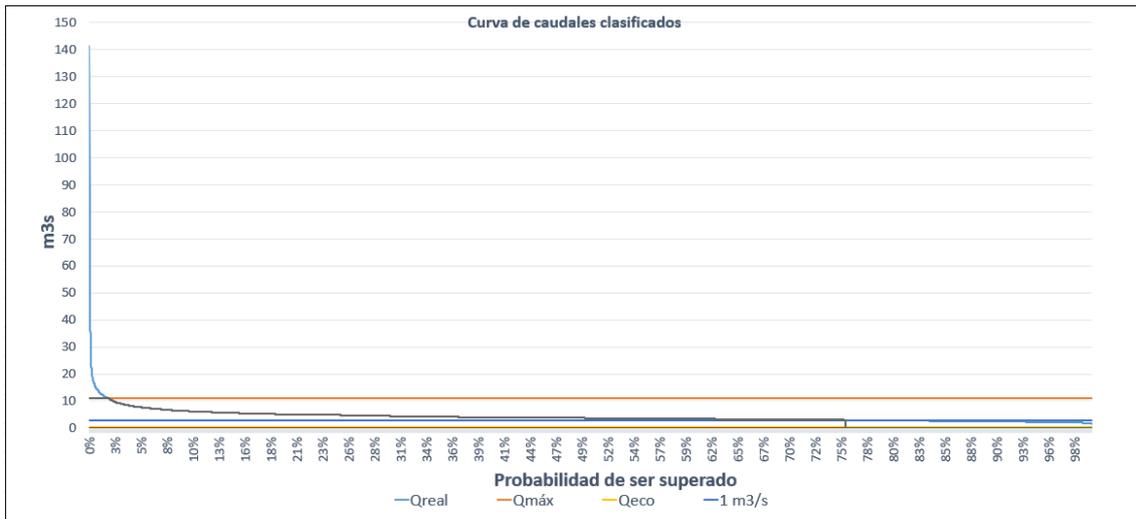
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



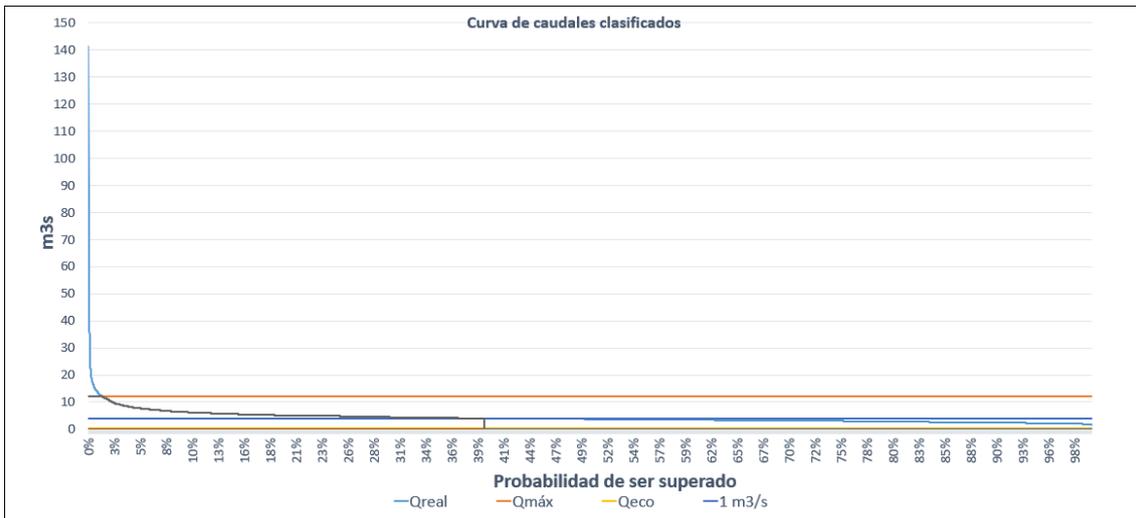
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



Con un régimen natural en el río Mijares, es decir cuando circula por el río 4 m³/s es la situación más desfavorable para la central, pero posiblemente más beneficiosa para el río, cosa que se comprobará observando el hábitat potencial útil de las especies objetivo en cada tramo de río.

3.3 Cálculo de la potencia

Una vez se ha obtenido el régimen de caudales turbinables, para cada uno se calcula la potencia media diaria que se ha producido, mediante la formula

$$Pe(kW) = 9,81 * \eta_t * \eta_g * \eta_m * Q * H$$



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

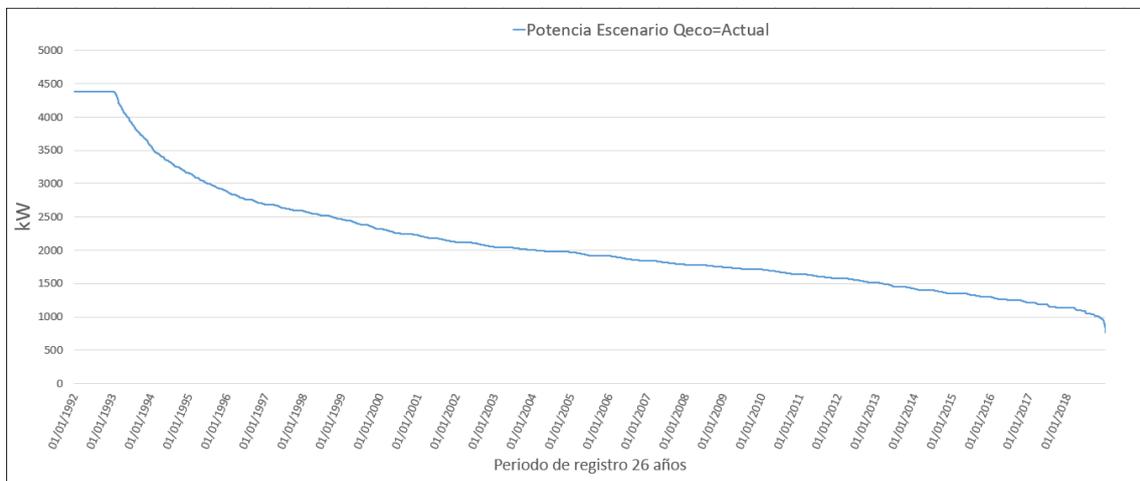


Que nos permite obtener los kW medios diarios estadísticos que se ven reflejados en las siguientes figuras para cada escenario evaluado:

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



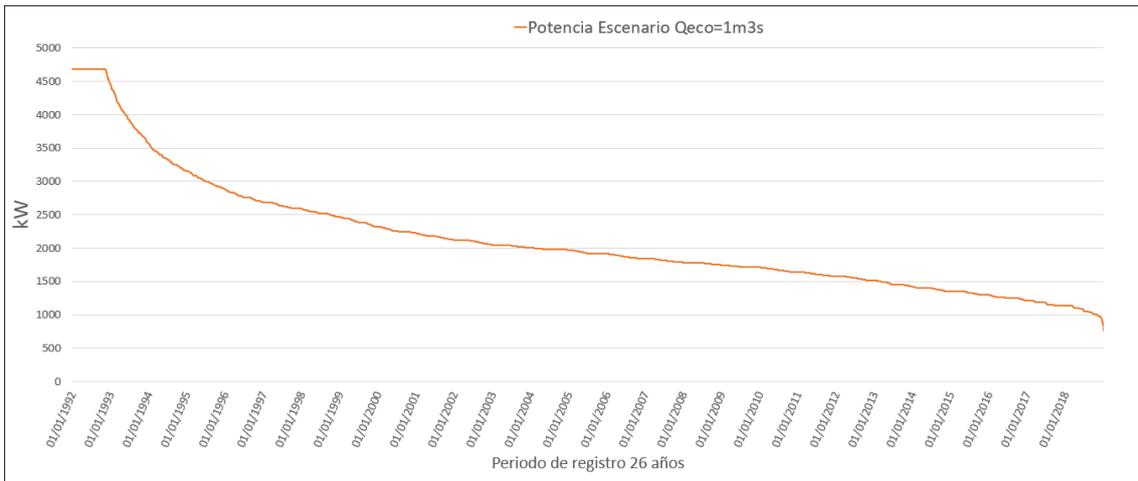
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m³/s



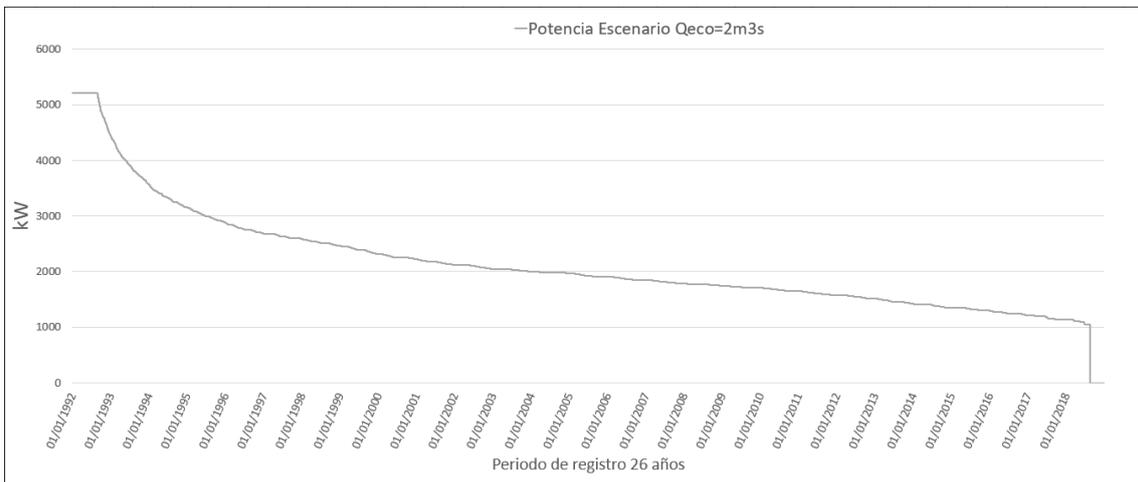
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



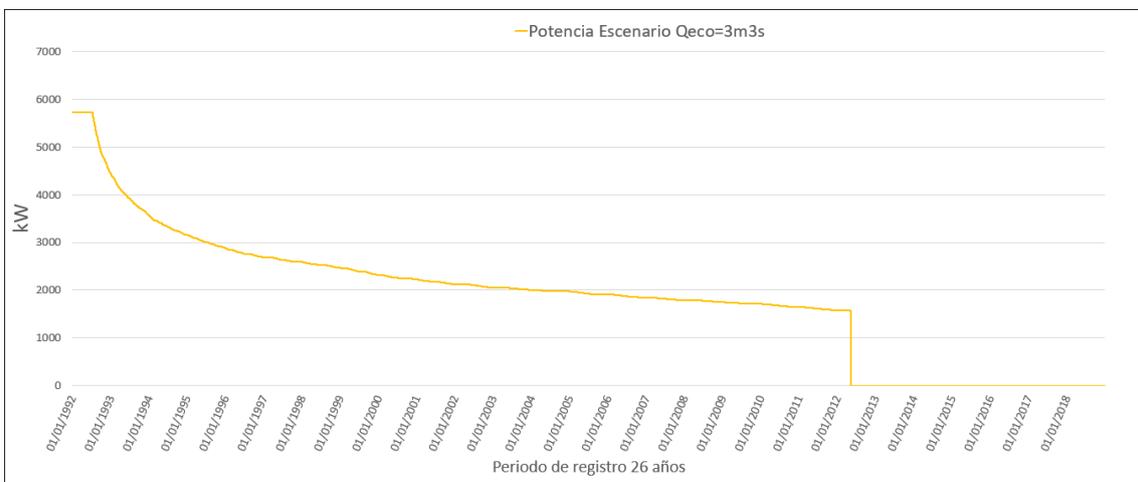
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



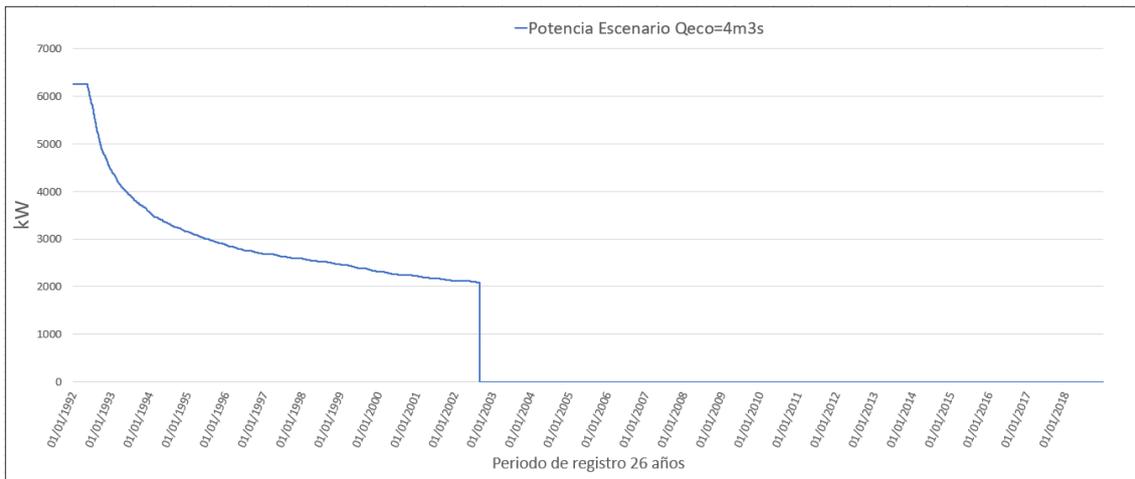
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



En el caso del régimen natural se presenta el caso más drástico para la central con la máxima reducción de la potencia instantánea media diaria.

3.4 Cálculo de la producción de energía

Una vez obtenida la potencia media diaria de cada escenario el objetivo es el de hallar los GWh/año, para ello se considera la hipótesis de que la central turbine las 24 horas al día, por lo que habrá que el proceso de cálculo constará de:

- 1) Se suma de todas las potencias diarias de cada escenario, resultado en kW
- 2) Se multiplica por 24h para obtener la producción energética de los 26 años, resultado en kWh
- 3) Se divide entre 26 años para obtener la máxima producción energética media anual.

Se divide entre 1000 para convertir el resultado a la unidad de GWh/año



3.5 Energía media anual

En la siguiente tabla se muestran la producción eléctrica según el caudal ecológico propuesto en cada escenario.

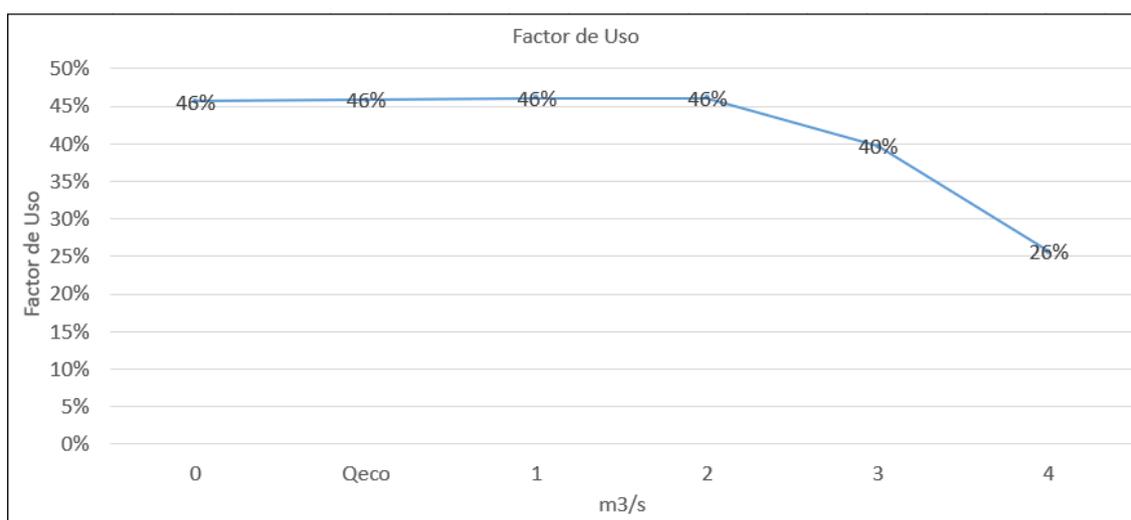
Escenarios de Qeco (m ³ /s)	GWh/año
0	19,19
0,4	19,19
1	19,19
2	19,19
3	16,68
4	10,80

3.6 Factor de uso

El factor de uso de esta central, la cual tiene una potencia instalada de 4,8 MW y por tanto la energía máxima producible es, por tanto:

$$E = 4,8MW * 8760 h/año * \frac{1}{1000} GW/MW = 42,05 GWh/año$$

Es en cada escenario la división entre la energía generada y el máximo posible, siendo los resultados mostrados en la siguiente figura:





4. Central hidroeléctrica de Cirat

4.1 Recopilación de datos

En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de qué manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

4.1.1 Datos Ambientales

La central de Cirat deriva agua desde un canal en túnel desde la presa de Cirat y la devuelve al río Mijares inmediatamente tras su turbinación. Por tanto, se verá actualmente afectada por un caudal ecológico mínimo de 0,4 m³/s. Este caudal mínimo se exige tras el debido estudio multidisciplinar correspondiente, entre ellos el estudio del hábitat potencial útil de las especies piscícolas objetivo como el de la trucha común.

4.1.2 Datos hidrológicos

La serie hidrológica que indica los caudales medios diarios, con los que se han calculado las curvas de caudales clasificados, se ha registrado y extrapolado proporcionalmente desde la estación de aforo perteneciente a la Red Oficial de Estaciones de Aforo con el código 8145, la cual se encuentra aguas abajo de la salida del embalse de Arenós.

La estación de aforo registra caudales medios diarios desde el 1 de octubre de 1987 hasta el 28 de junio de 2019, pero para tener un marco de referencia común entre todas las centrales se ha elegido un periodo representativo de 26 años, desde el 1 de enero de 1992 hasta el 31 de diciembre de 2018.

4.1.3 Datos funcionales

La central, como se ha mencionado, deriva agua desde la presa de Cirat, que no funciona como reguladora, sino que se emplea para mantener la altura del río para poder derivar hasta la central a través de un canal con un caudal máximo de 15 m³/s hasta 2 grupos con una potencia instalada de 7,36 MW instalados respectivamente.

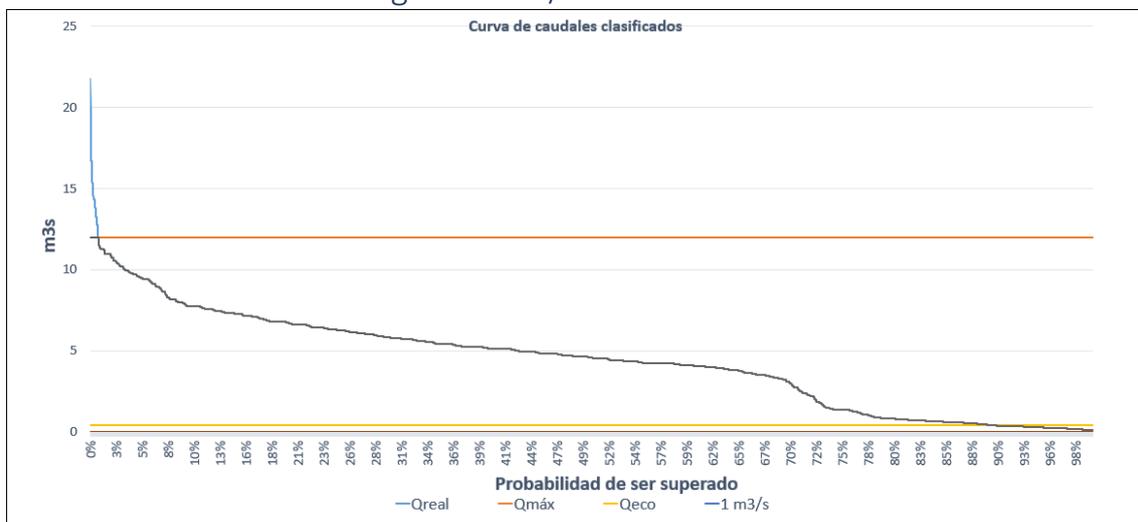
Un salto bruto de 124,94 m la convierte en la primera central hidroeléctrica en cuanto a salto bruto del río Mijares.

Los distintos escenarios por evaluar serán la progresión desde un caudal ecológico mínimo nulo hasta el régimen natural del río en torno a 4 m³/s.

- 1) Caudal ecológico= 0 m³/s
- 2) Caudal ecológico = 0,4 m³/s
- 3) Caudal ecológico = 1 m³/s
- 4) Caudal ecológico = 2 m³/s
- 5) Caudal ecológico = 3 m³/s
- 6) Caudal ecológico = 4 m³/s

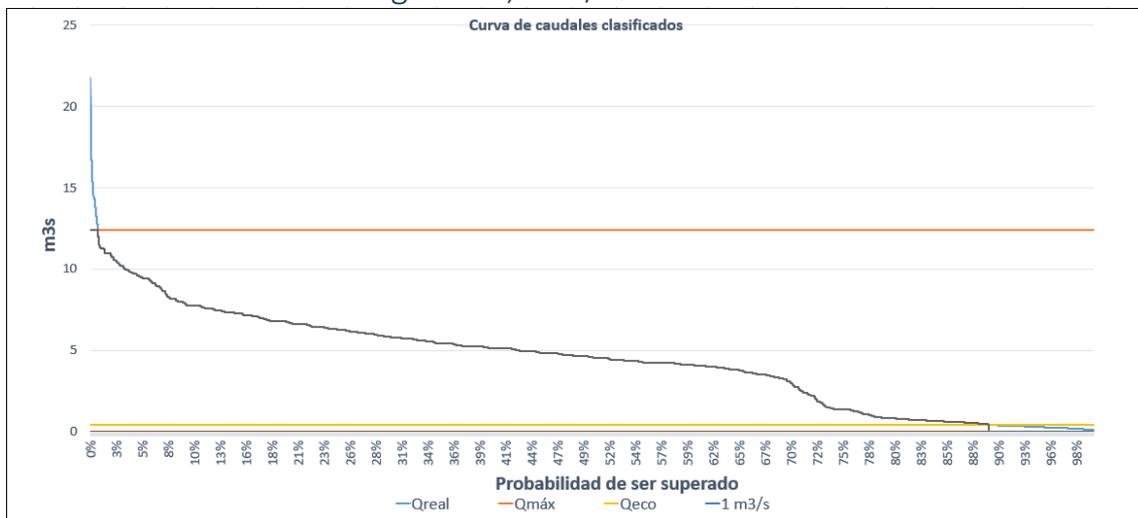
4.2 Procesamiento de datos

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



En el caso donde el caudal ecológico es cero es el menos beneficioso para el ecosistema pues drena el río de agua, sin embargo, para la central hidroeléctrica es la situación de máximo aprovechamiento.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m³/s



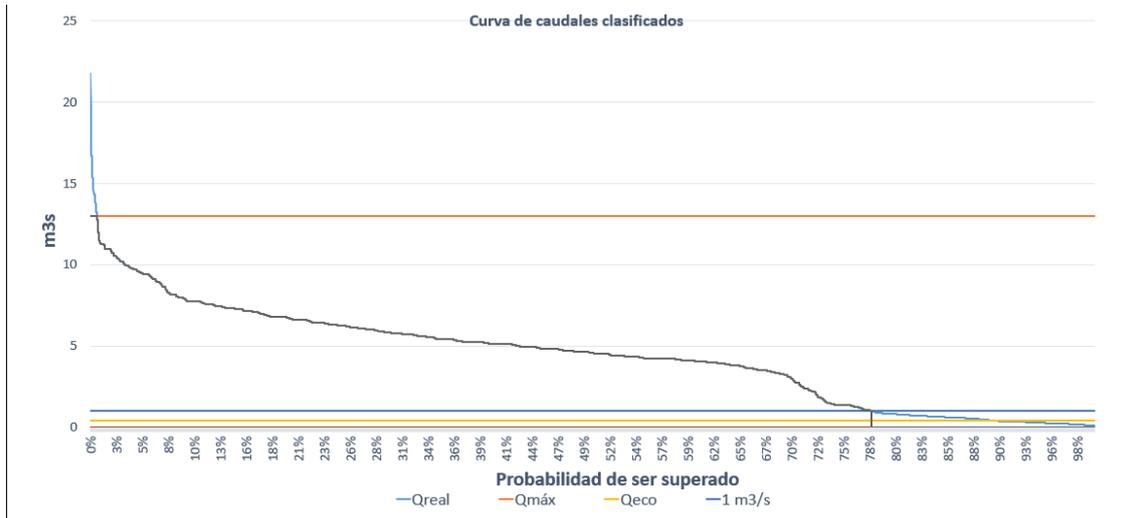


ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



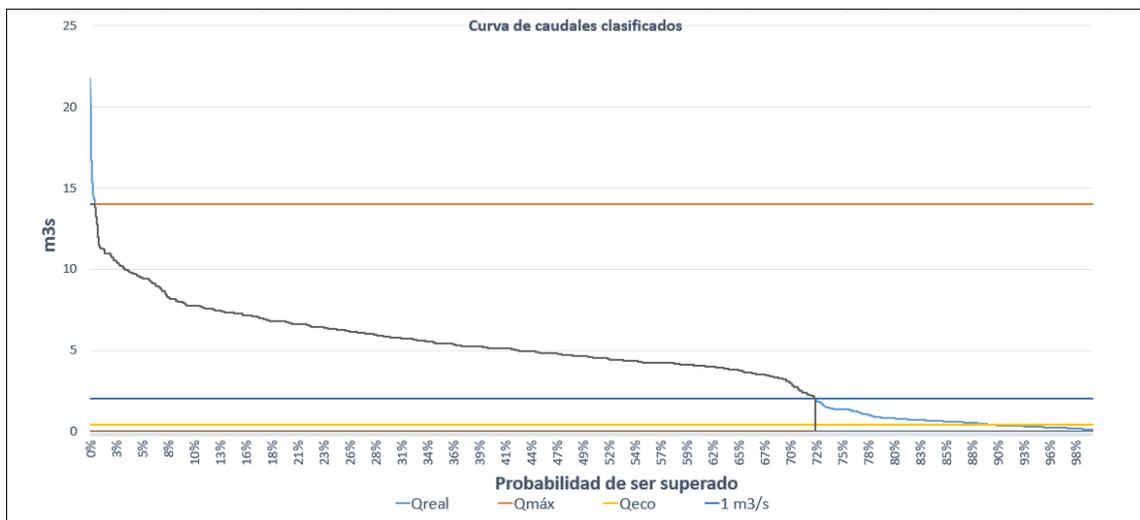
En el escenario del caudal ecológico actual se aprecia que el régimen de caudales turbinables empieza a reducirse, situación que se acrecienta conforme se aumenta el caudal ecológico mínimo.

Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



Si se aumenta hasta 1 m³/s el régimen se reduce aún más como se ha mencionado.

Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s

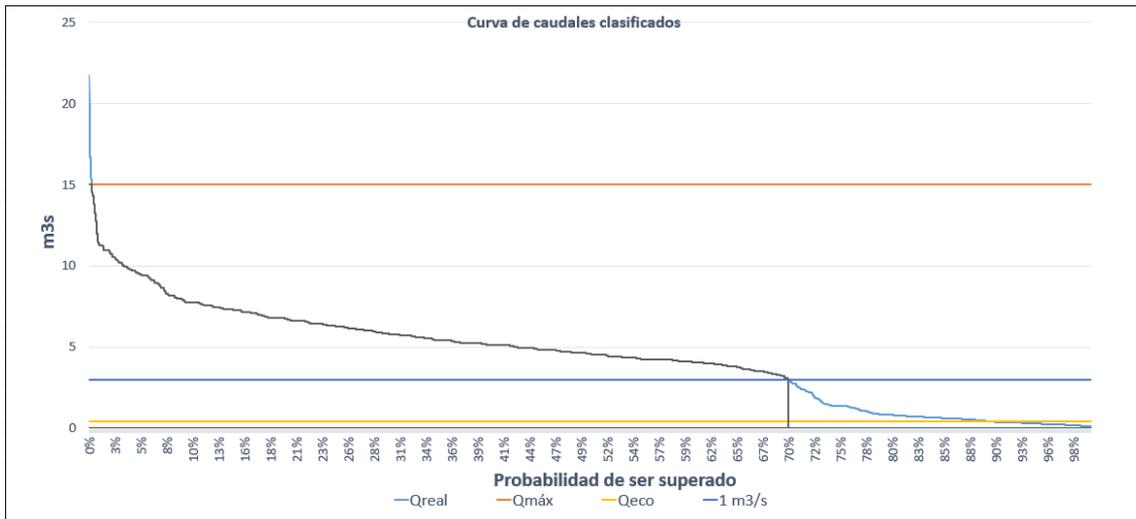


Progresivamente el régimen de caudales turbinables se reduce.

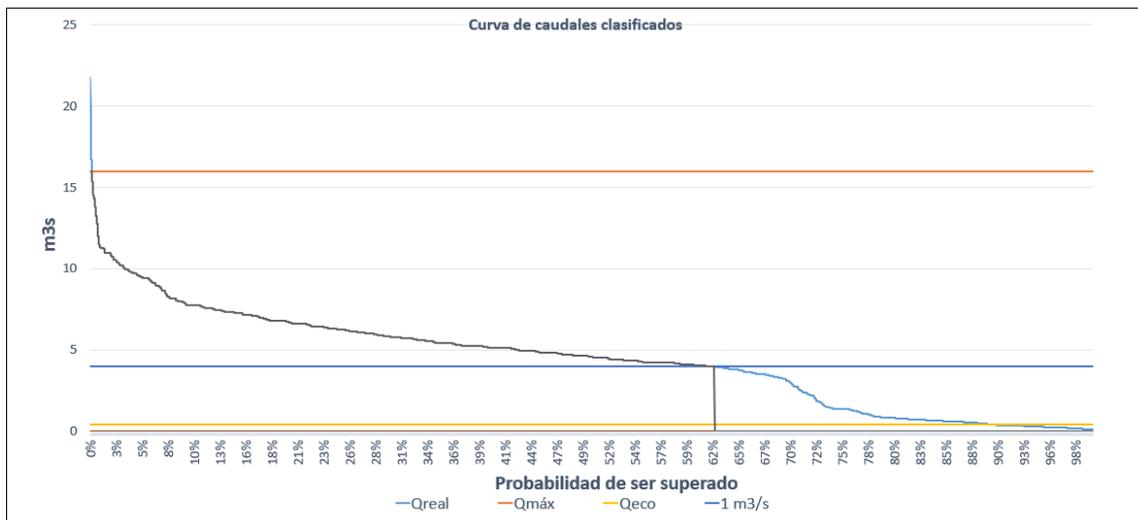
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



Con un régimen natural en el río Mijares, es decir cuando circula por el río 4 m³/s es la situación más desfavorable para la central, pero posiblemente más beneficiosa para el río, cosa que se comprobará observando el hábitat potencial útil de las especies objetivo en cada tramo de río.

4.3 Cálculo de la potencia

Una vez se ha obtenido el régimen de caudales turbinables, para cada uno se calcula la potencia media diaria que se ha producido, mediante la fórmula

$$Pe(kW) = 9,81 * \eta_t * \eta_g * \eta_m * Q * H$$

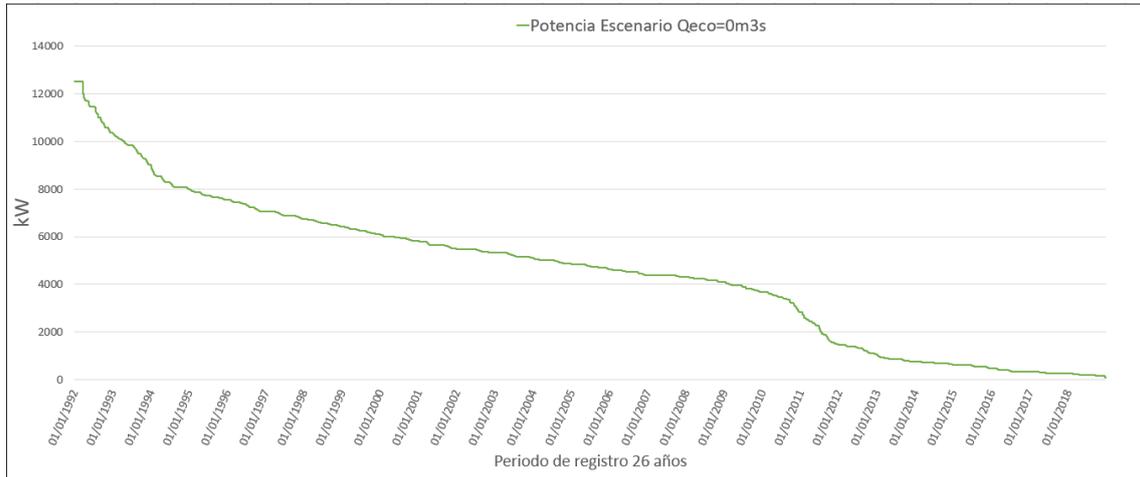


ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

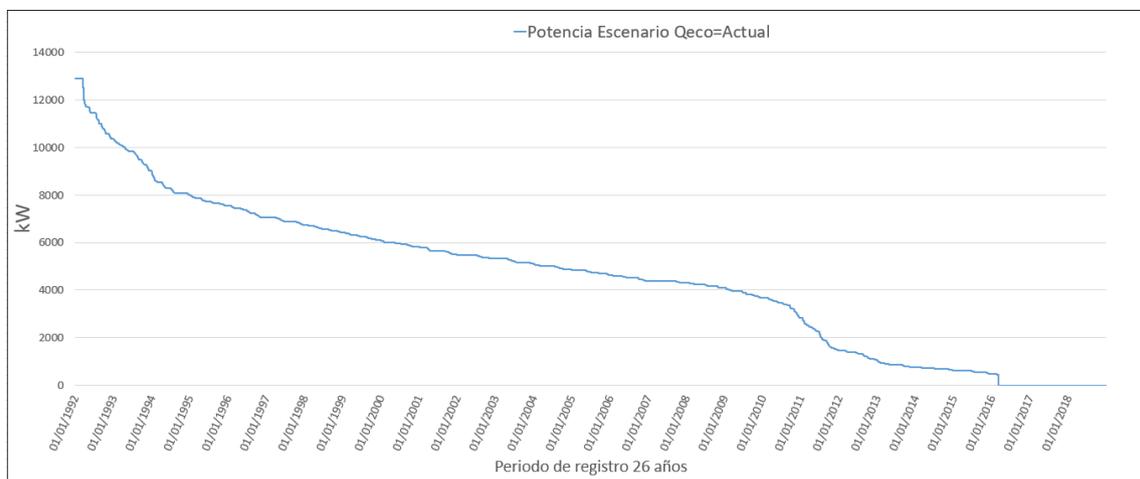


Que nos permite obtener los kW medios diarios estadísticos que se ven reflejados en las siguientes figuras para cada escenario evaluado:

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



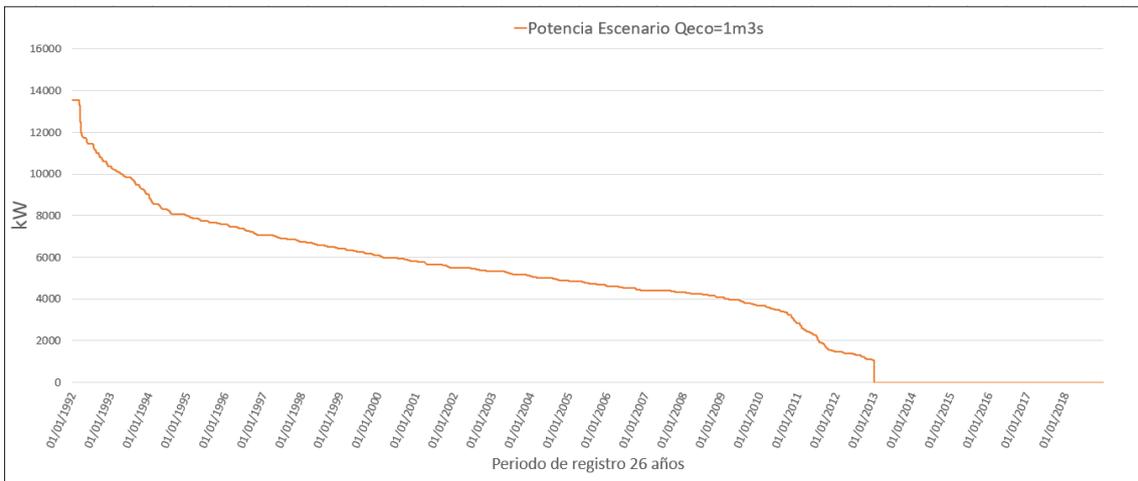
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,4 m³/s



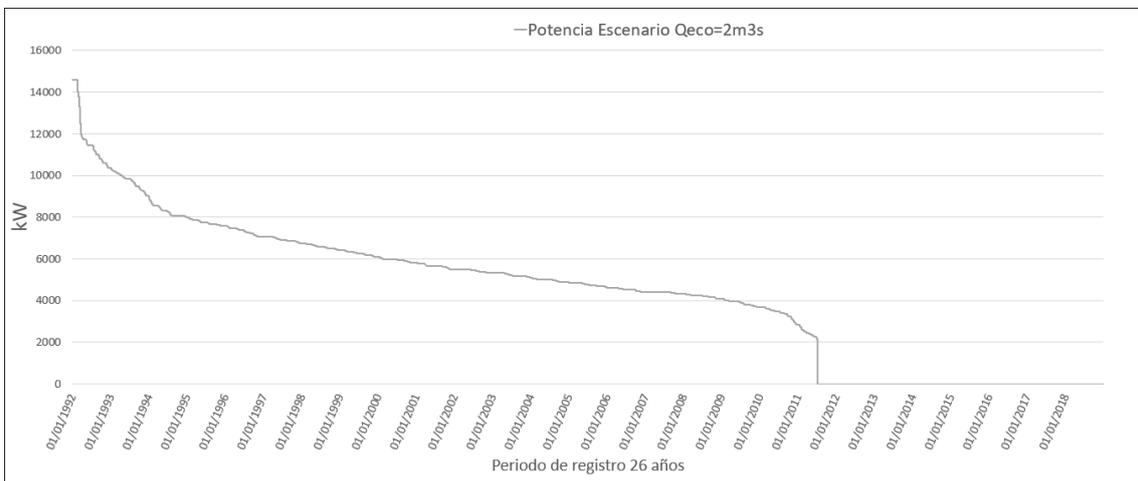
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



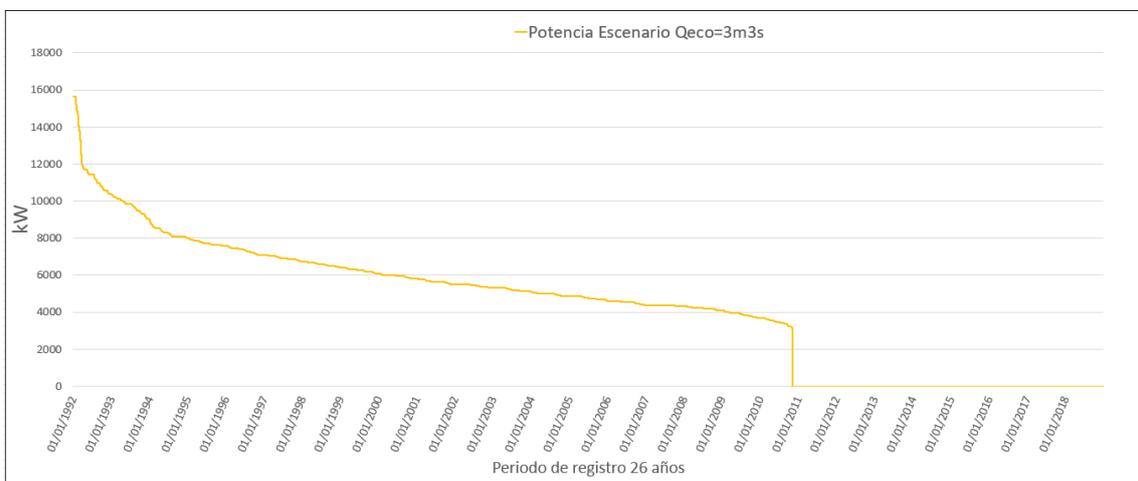
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m3/s



Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m3/s



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m3/s



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



En el caso del régimen natural se presenta el caso más drástico para la central con la máxima reducción de la potencia instantánea media diaria.

4.4 Cálculo de la producción de energía

Una vez obtenida la potencia media diaria de cada escenario el objetivo es el de hallar los GWh/año, para ello se considera la hipótesis de que la central turbine las 24 horas al día, por lo que habrá que el proceso de cálculo constará de:

- 1) Se suma de todas las potencias diarias de cada escenario, resultado en kW
- 2) Se multiplica por 24h para obtener la producción energética de los 26 años, resultado en kWh
- 3) Se divide entre 26 años para obtener la máxima producción energética media anual.

Se divide entre 1000 para convertir el resultado a la unidad de GWh/año

4.5 Energía media anual

En la siguiente tabla se muestran la producción eléctrica según el caudal ecológico propuesto en cada escenario.

Escenarios de Qeco (m^3/s)	GWh/año
0	41,49
0,4	41,25
1	40,54
2	39,88



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



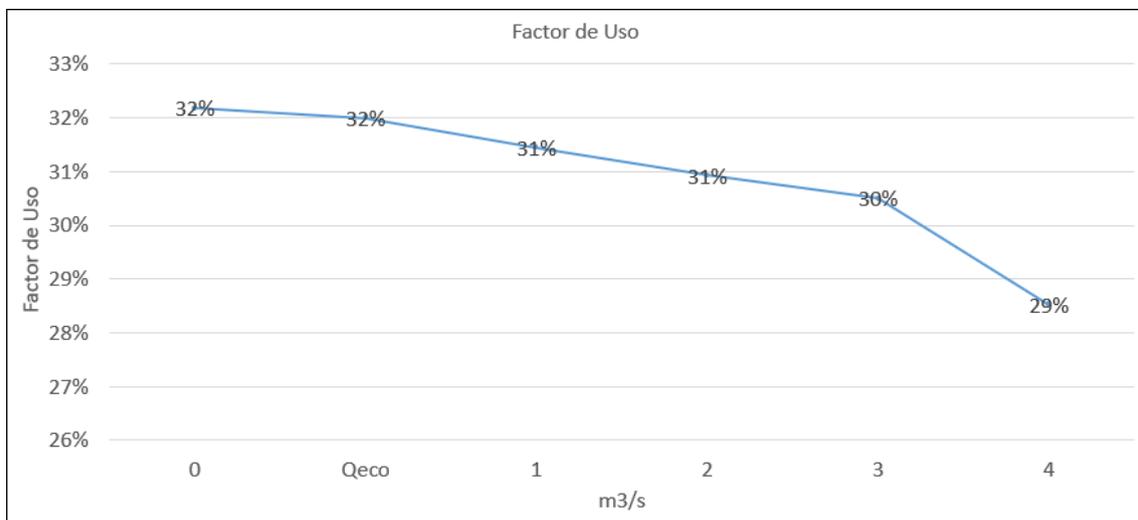
3	39,33
4	36,77

4.6 Factor de uso

El factor de uso de esta central, la cual tiene una potencia instalada de 14,72 MW y por tanto la energía máxima producible es, por tanto:

$$E = 14,72 \text{ MW} * 8760 \text{ h/año} * \frac{1}{1000} \text{ GW/MW} = 128,95 \text{ GWh/año}$$

Es en cada escenario la división entre la energía generada y el máximo posible, siendo los resultados mostrados en la siguiente figura:



5. Central hidroeléctrica de Vallat

5.1 Recopilación de datos



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de qué manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

5.1.1 Datos Ambientales

La central de Vallat deriva agua desde un canal en túnel desde la presa de Vallat y la devuelve al río Mijares a la cola del embalse de Ribesalbes inmediatamente tras su turbinación. Por tanto, se verá actualmente afectada por un caudal ecológico mínimo de 0,56 m³/s. Este caudal mínimo se exige tras el debido estudio multidisciplinar correspondiente, entre ellos el estudio del hábitat potencial útil de las especies piscícolas objetivo como el de la trucha común, el barbo y el cacho.

5.1.2 Datos hidrológicos

La serie hidrológica que indica los caudales medios diarios, con los que se han calculado las curvas de caudales clasificados, se ha registrado y extrapolado proporcionalmente desde la estación de aforo perteneciente a la Red Oficial de Estaciones de Aforo con el código 8145, la cual se encuentra aguas abajo de la salida del embalse de Arenós.

La estación de aforo registra caudales medios diarios desde el 1 de octubre de 1987 hasta el 28 de junio de 2019, pero para tener un marco de referencia común entre todas las centrales se ha elegido un periodo representativo de 26 años, desde el 1 de enero de 1992 hasta el 31 de diciembre de 2018.

5.1.3 Datos funcionales

La central, como se ha mencionado, deriva agua desde la presa de Vallat a través de un canal con un caudal máximo de 12 m³/s hasta 2 grupos con una potencia instalada de 5,92 MW instalados respectivamente.

Un salto bruto de 104,5 m hace de esta central una de las más importantes del cauce del Mijares.

Los distintos escenarios por evaluar serán la progresión desde un caudal ecológico mínimo nulo hasta el régimen natural del río en torno a 4 m³/s.

- 1) Caudal ecológico= 0 m³/s
- 2) Caudal ecológico = 0,56 m³/s
- 3) Caudal ecológico = 1 m³/s
- 4) Caudal ecológico = 2 m³/s



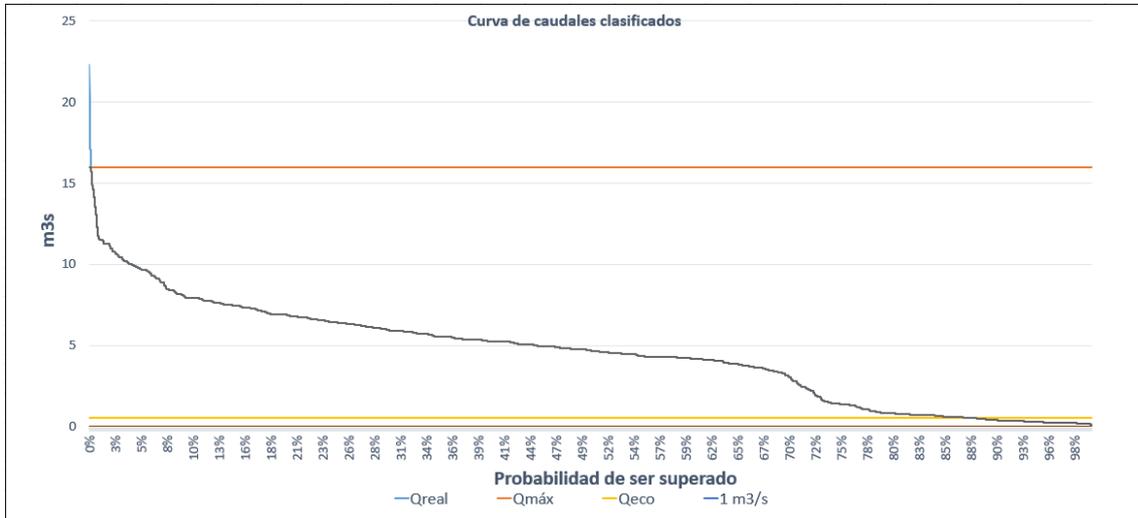
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



- 5) Caudal ecológico = 3 m³/s
- 6) Caudal ecológico = 4 m³/s

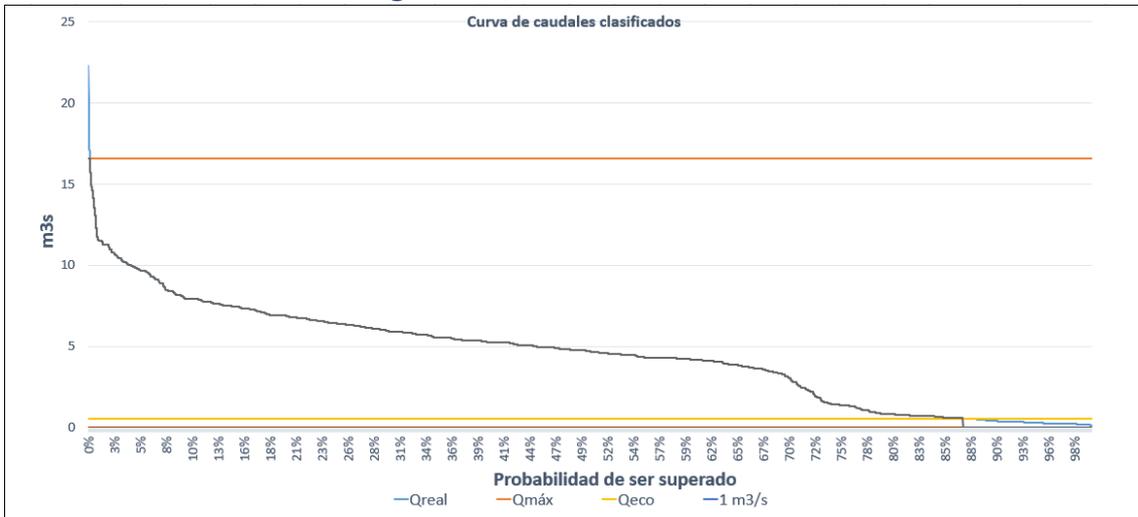
5.2 Procesamiento de datos

Escenario 1: Caudal ecológico = 0 m³/s



En el caso donde el caudal ecológico es cero es el menos beneficioso para el ecosistema pues dreña el río de agua, sin embargo, para la central hidroeléctrica es la situación de máximo aprovechamiento.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,56 m³/s

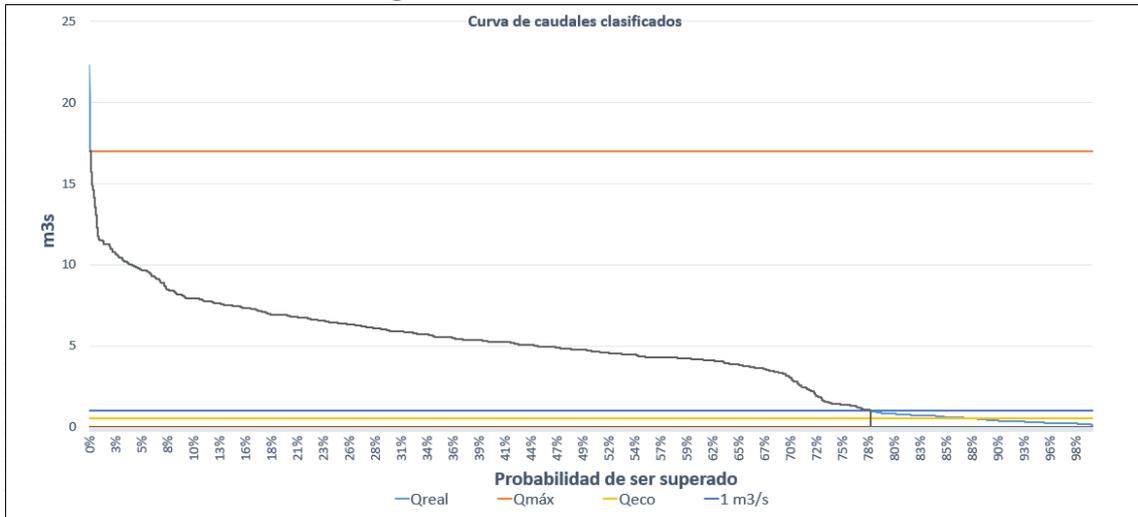




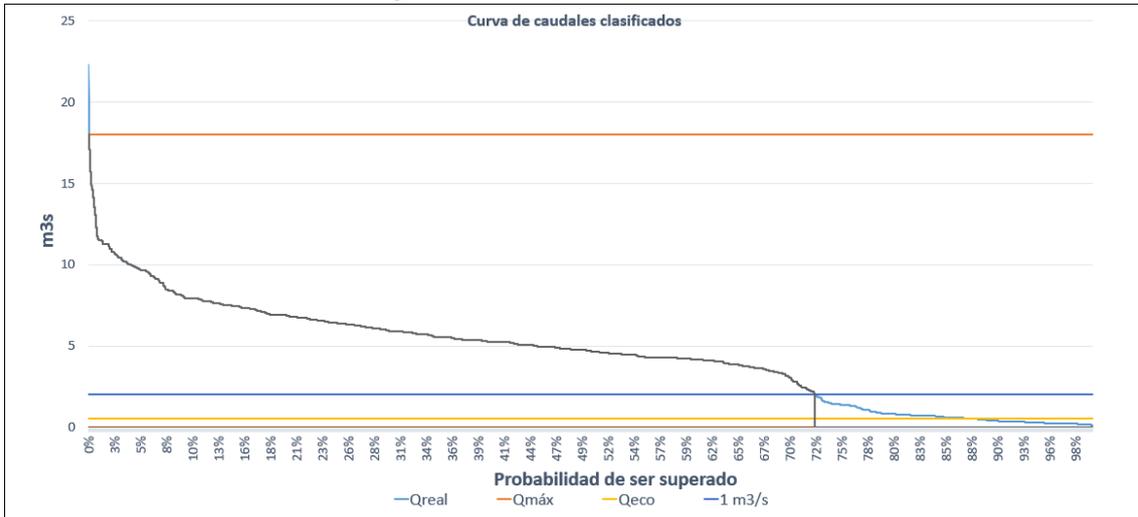
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



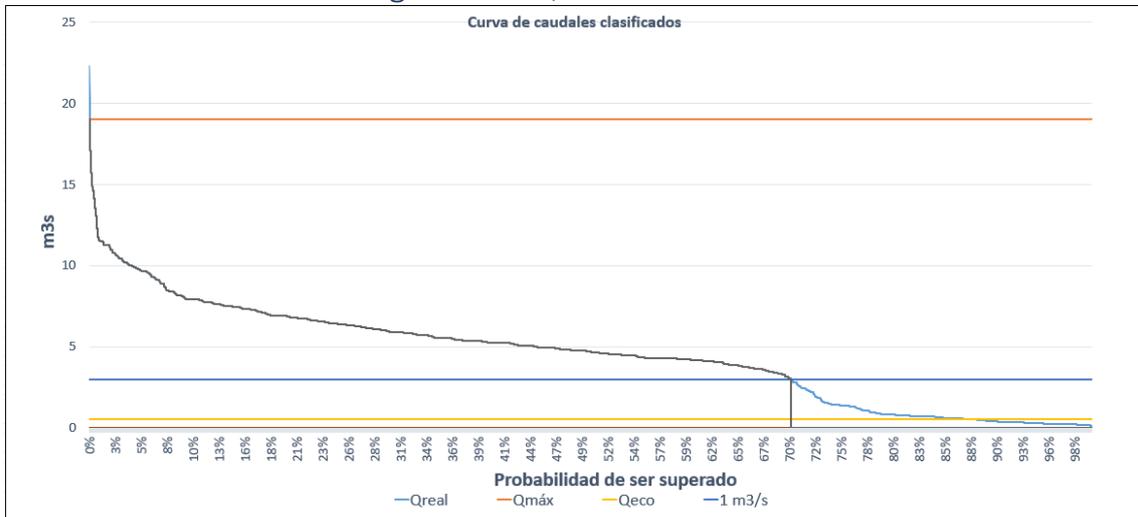
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s

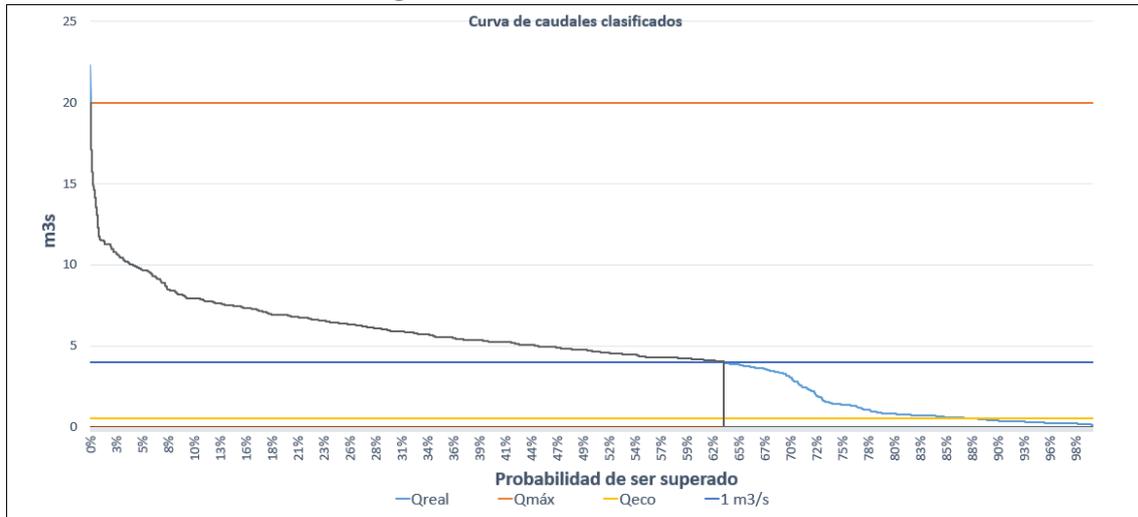


Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s





Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



Con un régimen natural en el río Mijares, es decir cuando circula por el río 4 m³/s es la situación más desfavorable para la central, pero posiblemente más beneficiosa para el río, cosa que se comprobará observando el hábitat potencial útil de las especies objetivo en cada tramo de río.

5.3 Cálculo de la potencia

Una vez se ha obtenido el régimen de caudales turbinables, para cada uno se calcula la potencia media diaria que se ha producido, mediante la fórmula

$$Pe(kW) = 9,81 * \eta_t * \eta_g * \eta_m * Q * H$$

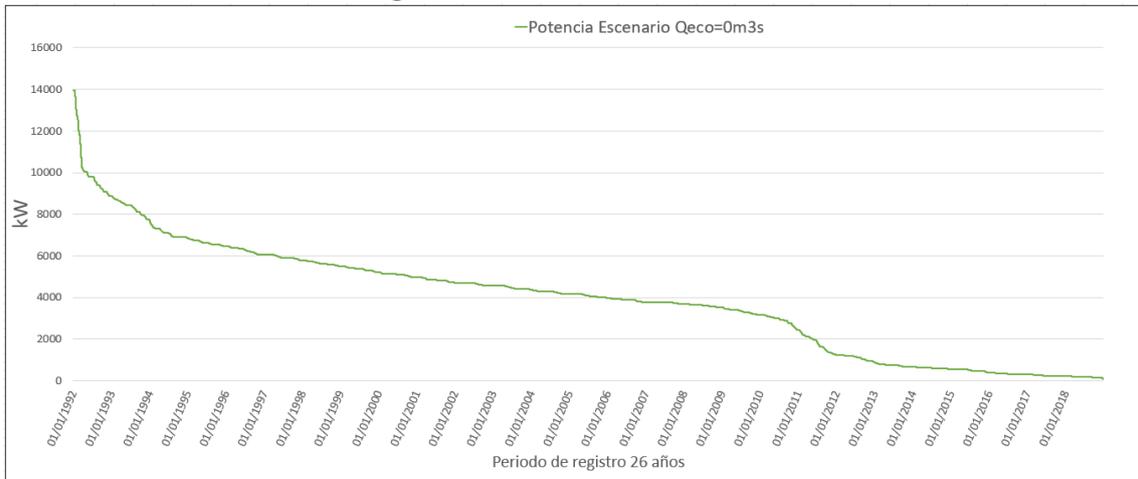
Que nos permite obtener los kW medios diarios estadísticos que se ven reflejados en las siguientes figuras para cada escenario evaluado:



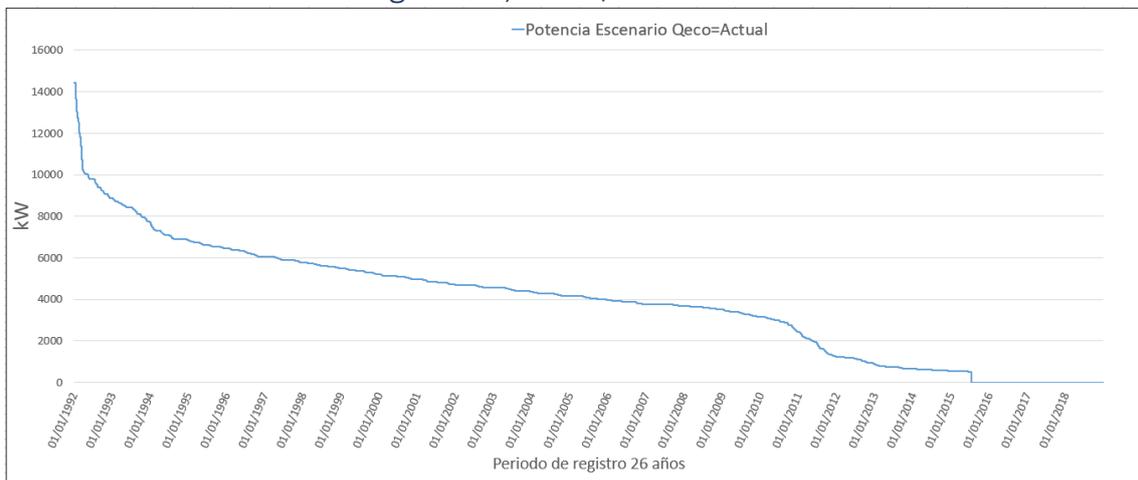
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



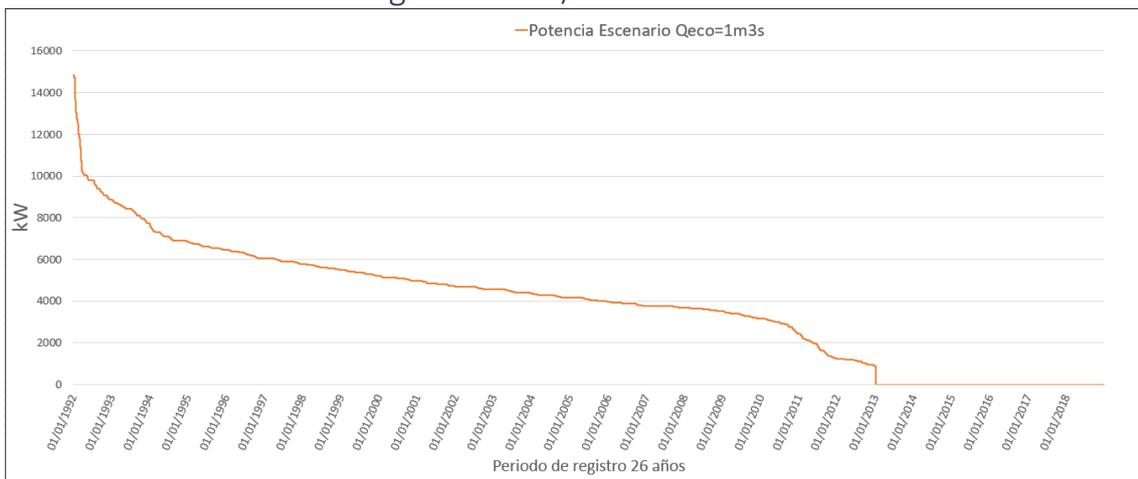
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



Escenario 2: Caudal ecológico = 0,56 m³/s



Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s

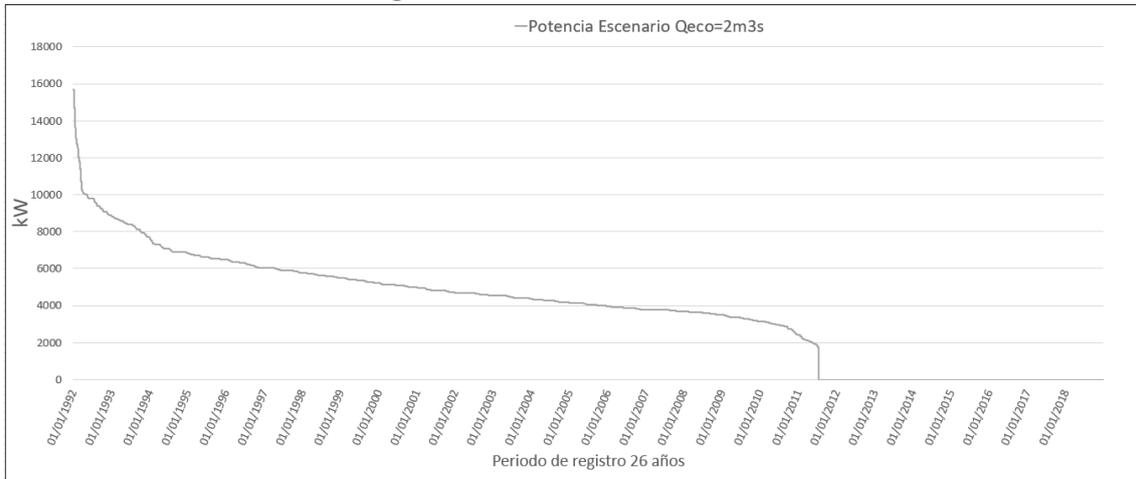




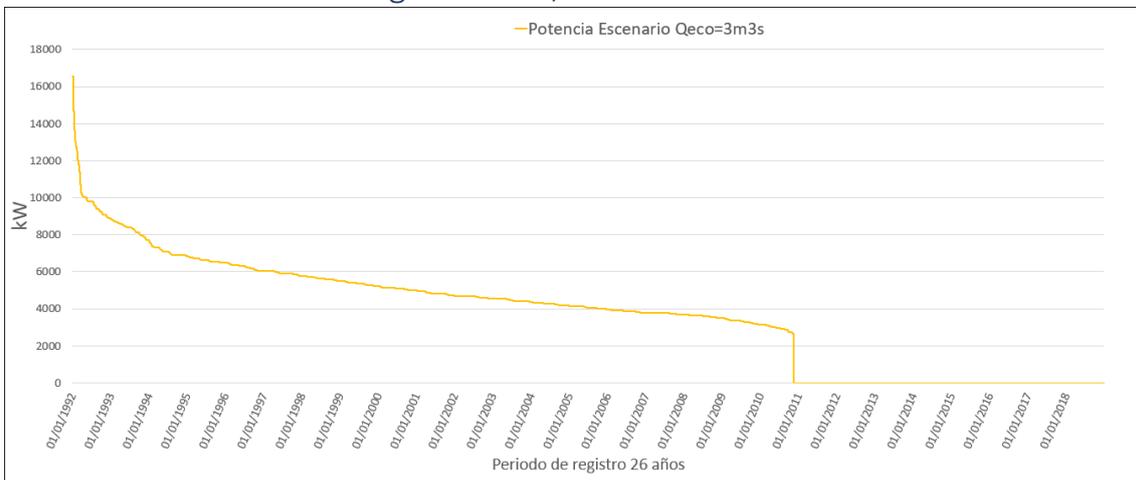
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



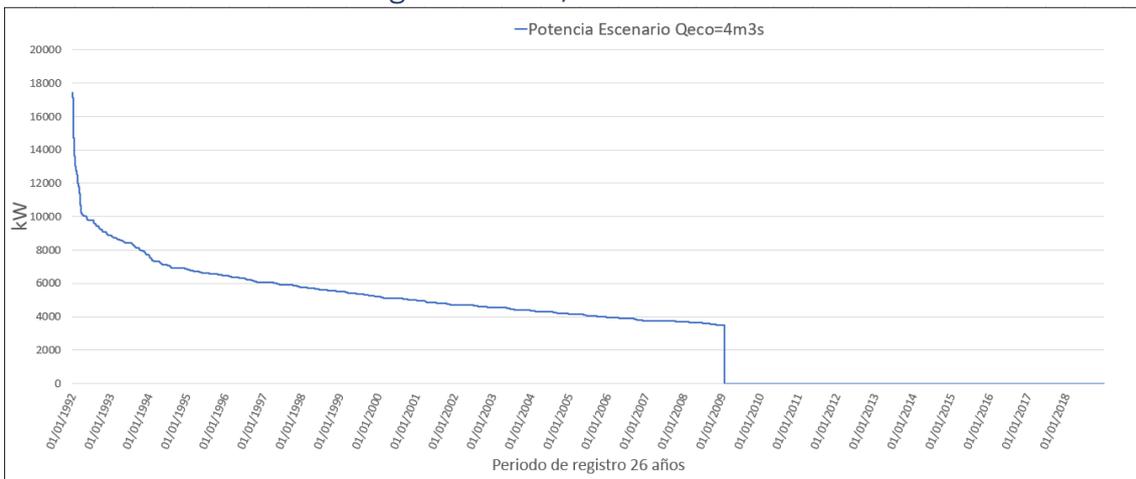
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



En el caso del régimen natural se presenta el caso más drástico para la central con la máxima reducción de la potencia instantánea media diaria.



5.4 Cálculo de la producción de energía

Una vez obtenida la potencia media diaria de cada escenario el objetivo es el de hallar los GWh/año, para ello se considera la hipótesis de que la central turbine las 24 horas al día, por lo que habrá que el proceso de cálculo constará de:

- 1) Se suma de todas las potencias diarias de cada escenario, resultado en kW
- 2) Se multiplica por 24h para obtener la producción energética de los 26 años, resultado en kWh
- 3) Se divide entre 26 años para obtener la máxima producción energética media anual.

Se divide entre 1000 para convertir el resultado a la unidad de GWh/año

5.5 Energía media anual

En la siguiente tabla se muestran la producción eléctrica según el caudal ecológico propuesto en cada escenario.

Escenarios de Qeco (m^3/s)	GWh/año
0	35,67
0,56	35,35
1	34,81
2	34,21
3	33,74
4	31,81

5.6 Factor de uso

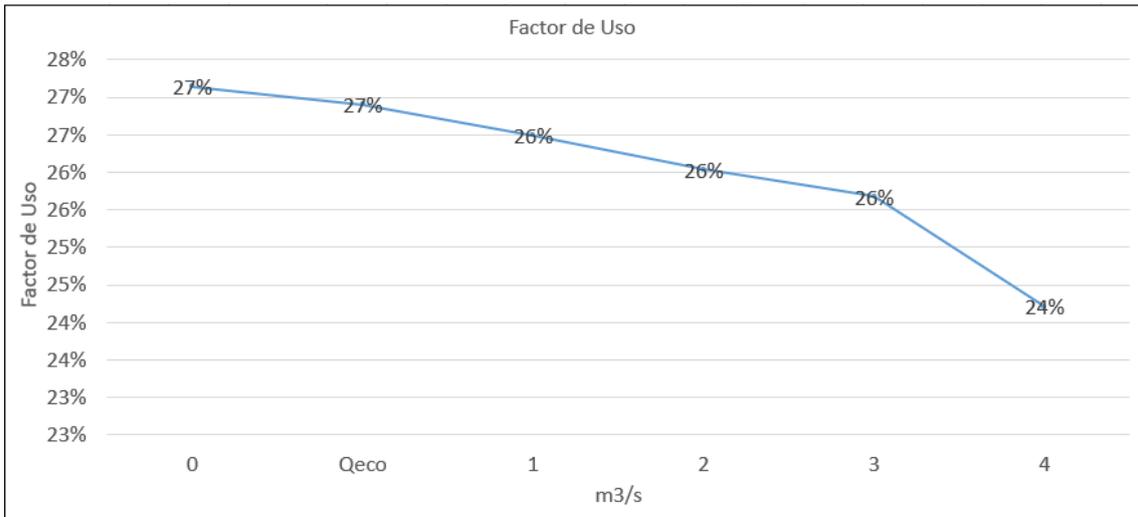
El factor de uso de esta central, la cual tiene una potencia instalada de 15 MW y por tanto la energía máxima producible es, por tanto:

$$E = 15 \text{ MW} * 8760 \text{ h/año} * \frac{1}{1000} \text{ GW/MW} = 131,40 \text{ GWh/año}$$

Es en cada escenario la división entre la energía generada y el máximo posible, siendo los resultados mostrados en la siguiente figura:



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1





6. Central hidroeléctrica de Ribesalbes

6.1 Recopilación de datos

En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de qué manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

6.1.1 Datos Ambientales

La central de Ribesalbes deriva agua desde un canal en túnel desde la presa de Ribesalbes y la devuelve al río Mijares a la cola del embalse de Schar y deriva agua hasta la central de Colmenar situada aguas abajo de la presa de Schar. Por tanto, se verá actualmente afectada por un caudal ecológico mínimo de 0,63 m³/s. Este caudal mínimo se exige tras el debido estudio multidisciplinar correspondiente, entre ellos el estudio del hábitat potencial útil de las especies piscícolas objetivo como el del barbo y el cacho.

6.1.2 Datos hidrológicos

La serie hidrológica que indica los caudales medios diarios, con los que se han calculado las curvas de caudales clasificados, se ha registrado y extrapolado proporcionalmente desde la estación de aforo perteneciente a la Red Oficial de Estaciones de Aforo con el código 8145, la cual se encuentra aguas abajo de la salida del embalse de Arenós.

La estación de aforo registra caudales medios diarios desde el 1 de octubre de 1987 hasta el 28 de junio de 2019, pero para tener un marco de referencia común entre todas las centrales se ha elegido un periodo representativo de 26 años, desde el 1 de enero de 1992 hasta el 31 de diciembre de 2018.

6.1.3 Datos funcionales

La central, como se ha mencionado, deriva agua desde la presa de los Toranes a través de un canal con un caudal máximo de 12 m³/s hasta 2 grupos con una potencia instalada de 3,52 MW instalados respectivamente.

Un salto bruto de 70,86 m.

Los distintos escenarios por evaluar serán la progresión desde un caudal ecológico mínimo nulo hasta el régimen natural del río en torno a 4 m³/s.

- 1) Caudal ecológico= 0 m³/s
- 2) Caudal ecológico = 0,63 m³/s
- 3) Caudal ecológico = 1 m³/s
- 4) Caudal ecológico = 2 m³/s
- 5) Caudal ecológico = 3 m³/s



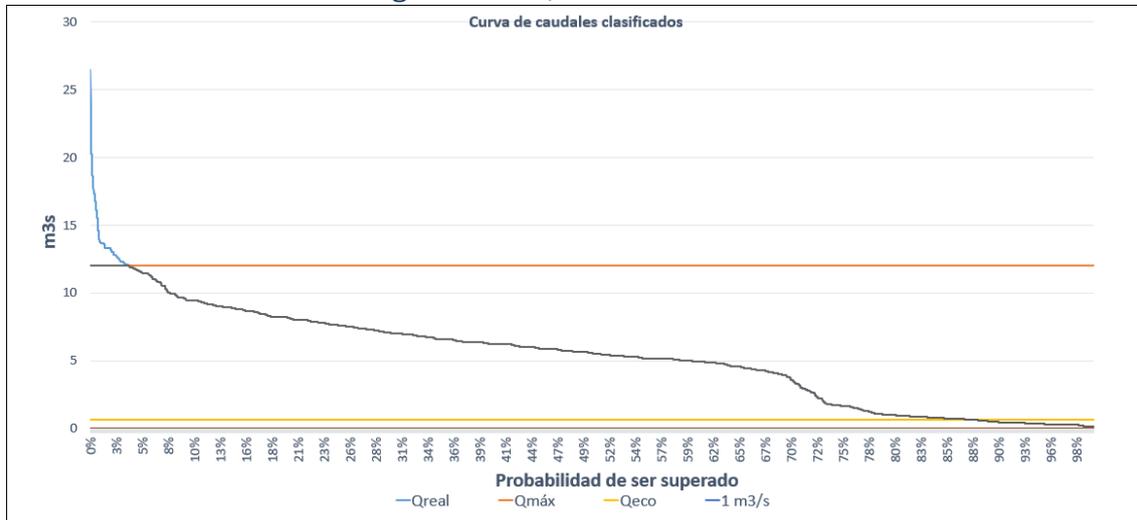
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



6) Caudal ecológico = 4 m³/s

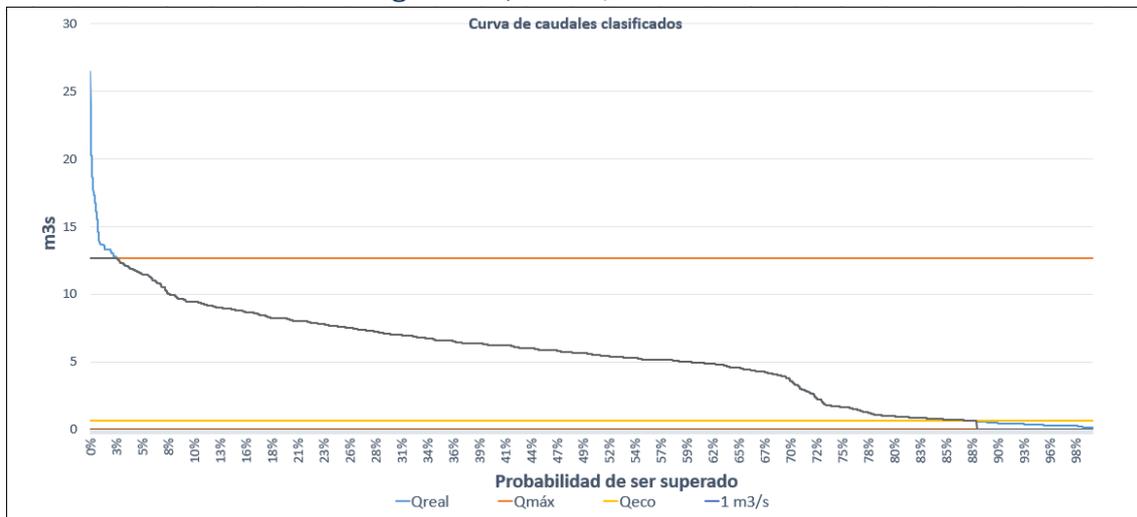
6.2 Procesamiento de datos

Escenario 1: Caudal ecológico = 0 m³/s



En el caso donde el caudal ecológico es cero es el menos beneficioso para el ecosistema pues dreña el río de agua, sin embargo, para la central hidroeléctrica es la situación de máximo aprovechamiento.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,63 m³/s

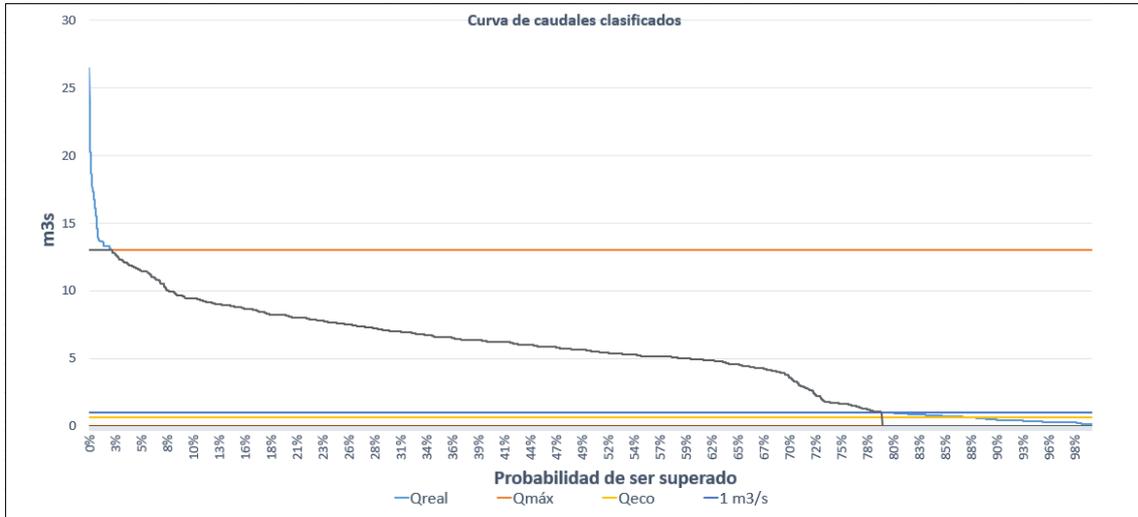




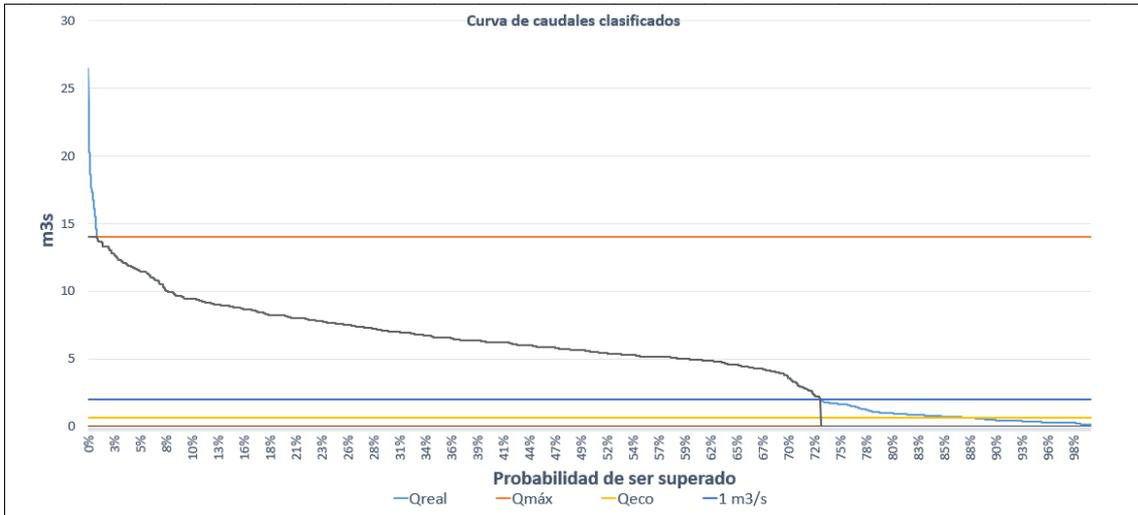
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



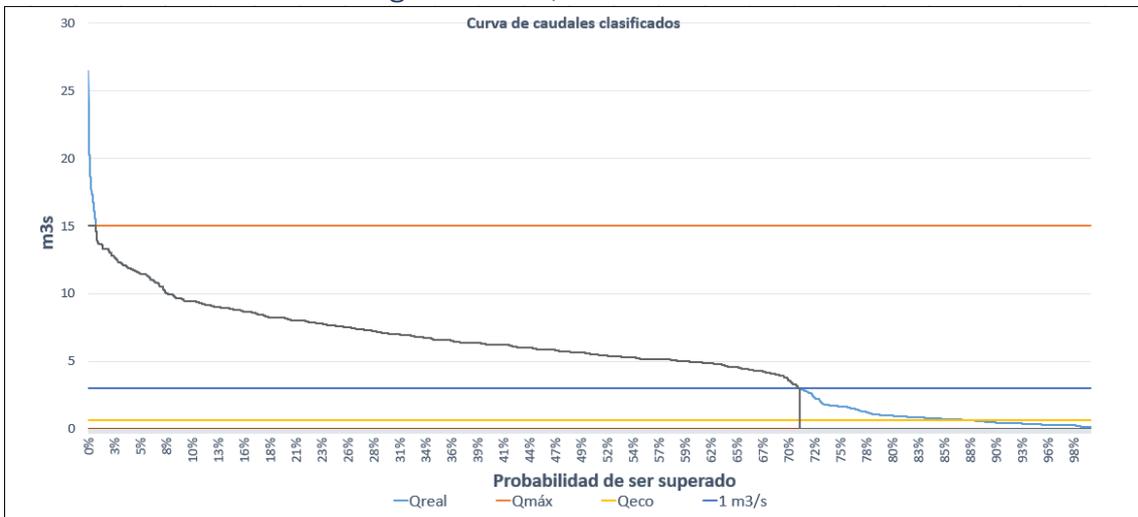
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s

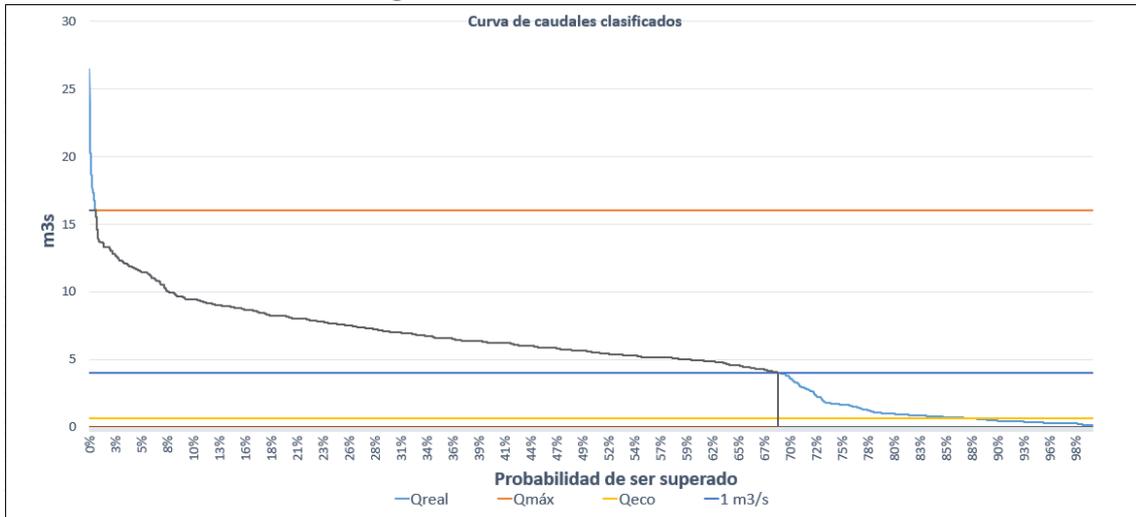


Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s





Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



Con un régimen natural en el río Mijares, es decir cuando circula por el río 4 m³/s es la situación más desfavorable para la central pero posiblemente más beneficiosa para el río, cosa que se comprobará observando el hábitat potencial útil de las especies objetivo en cada tramo de río.

6.3 Cálculo de la potencia

Una vez se ha obtenido el régimen de caudales turbinables, para cada uno se calcula la potencia media diaria que se ha producido, mediante la fórmula

$$Pe(kW) = 9,81 * \eta_t * \eta_g * \eta_m * Q * H$$

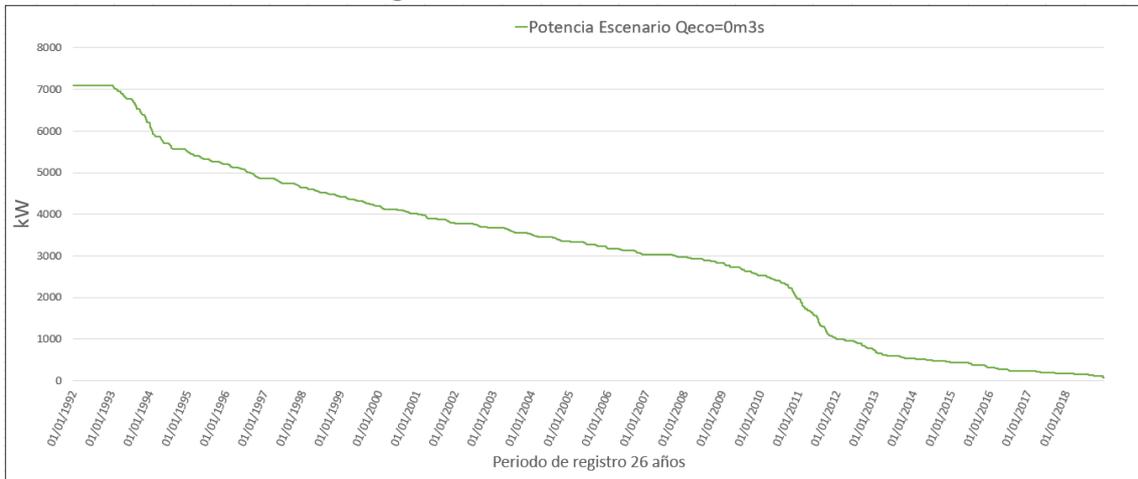
Que nos permite obtener los kW medios diarios estadísticos que se ven reflejados en las siguientes figuras para cada escenario evaluado:



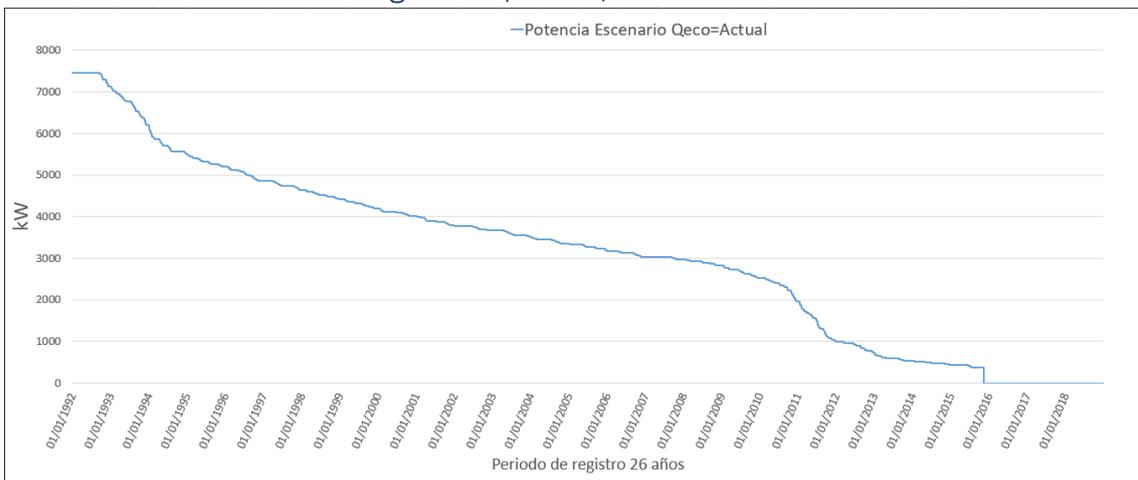
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



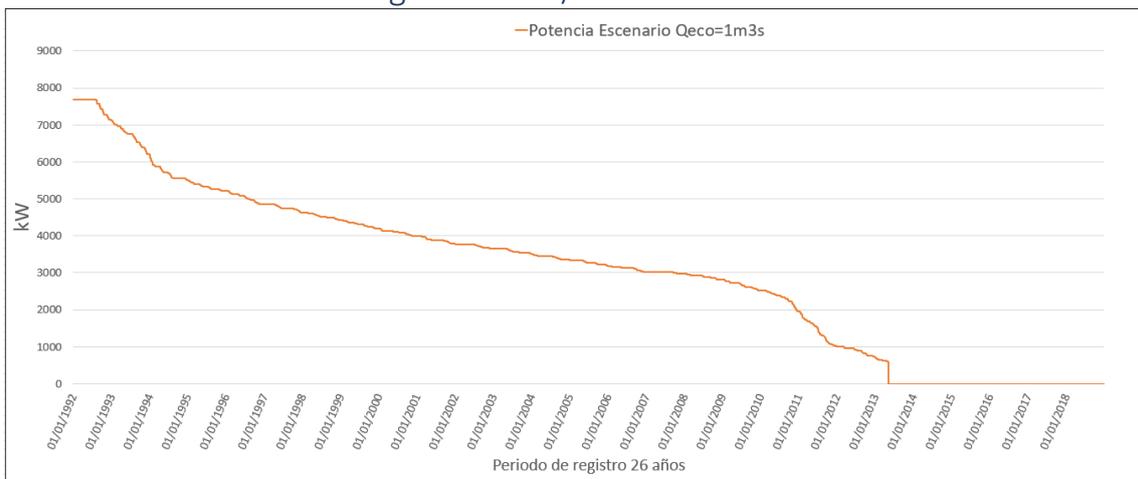
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



Escenario 2: Caudal ecológico = 0,63 m³/s



Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s

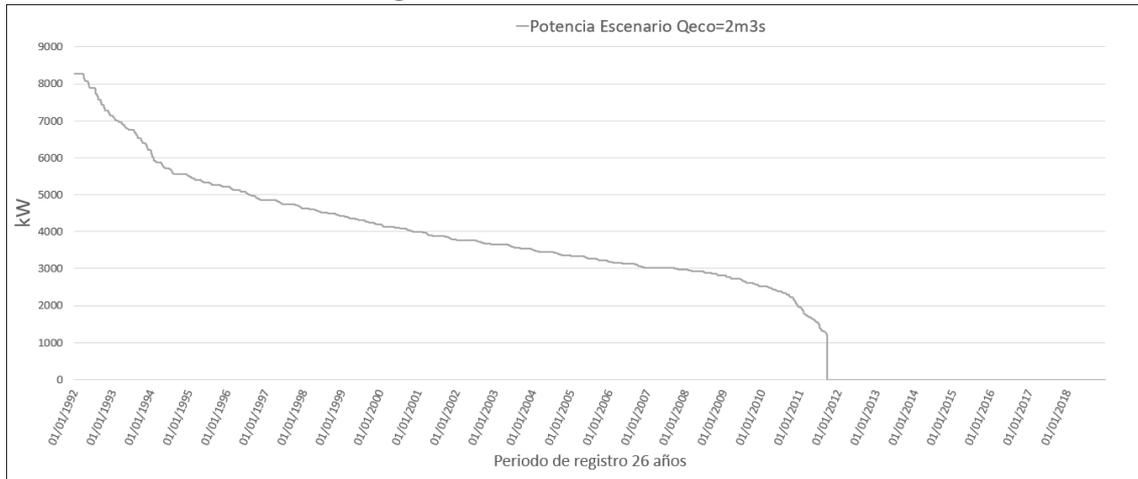




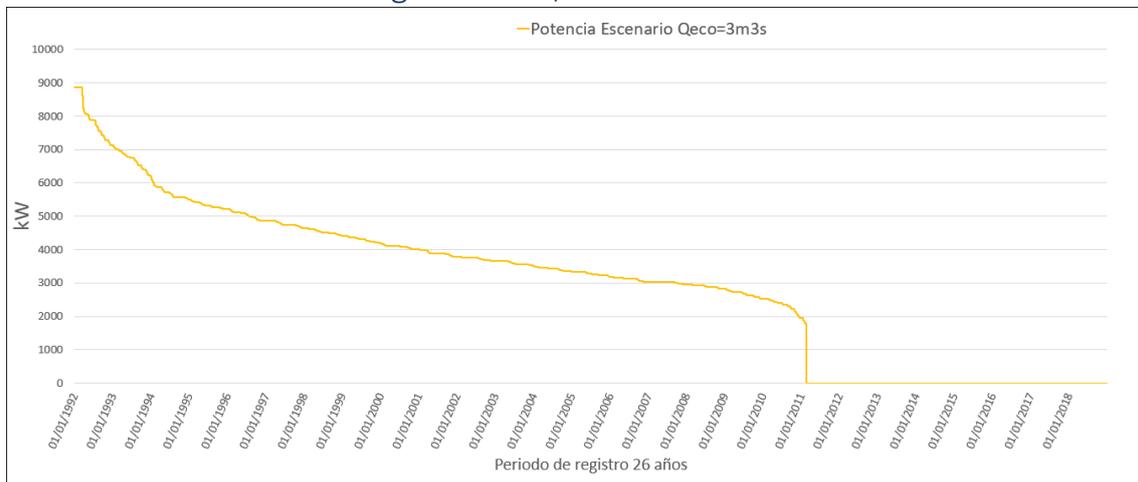
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



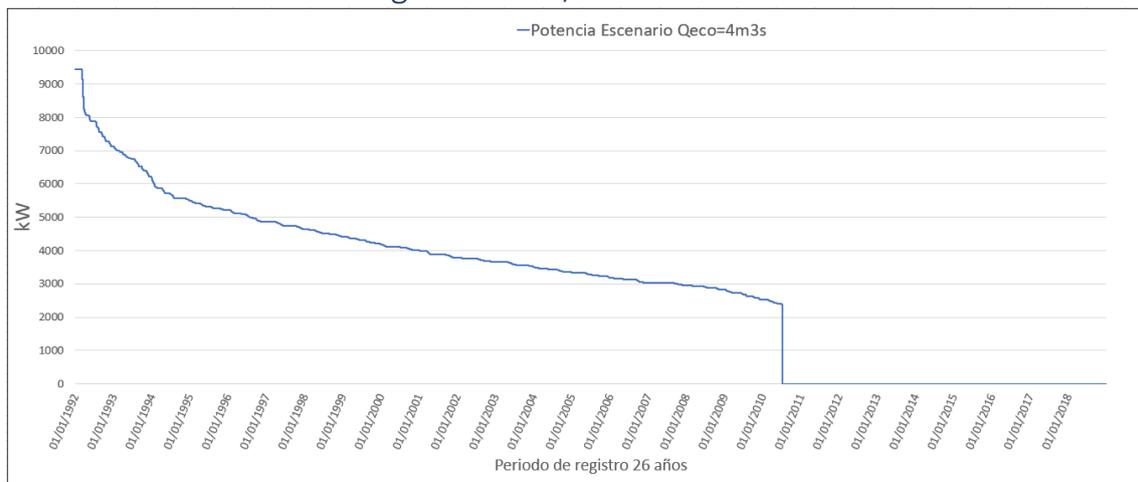
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



En el caso del régimen natural se presenta el caso más drástico para la central con la máxima reducción de la potencia instantánea media diaria.



6.4 Cálculo de la producción de energía

Una vez obtenida la potencia media diaria de cada escenario el objetivo es el de hallar los GWh/año, para ello se considera la hipótesis de que la central turbine las 24 horas al día, por lo que habrá que el proceso de cálculo constará de:

- 1) Se suma de todas las potencias diarias de cada escenario, resultado en kW
- 2) Se multiplica por 24h para obtener la producción energética de los 26 años, resultado en kWh
- 3) Se divide entre 26 años para obtener la máxima producción energética media anual.

Se divide entre 1000 para convertir el resultado a la unidad de GWh/año

6.5 Energía media anual

En la siguiente tabla se muestran la producción eléctrica según el caudal ecológico propuesto en cada escenario.

Escenarios de Qeco (m^3/s)	GWh/año
0	28,30
0,63	28,19
1	27,83
2	27,43
3	27,18
4	26,77

6.6 Factor de uso

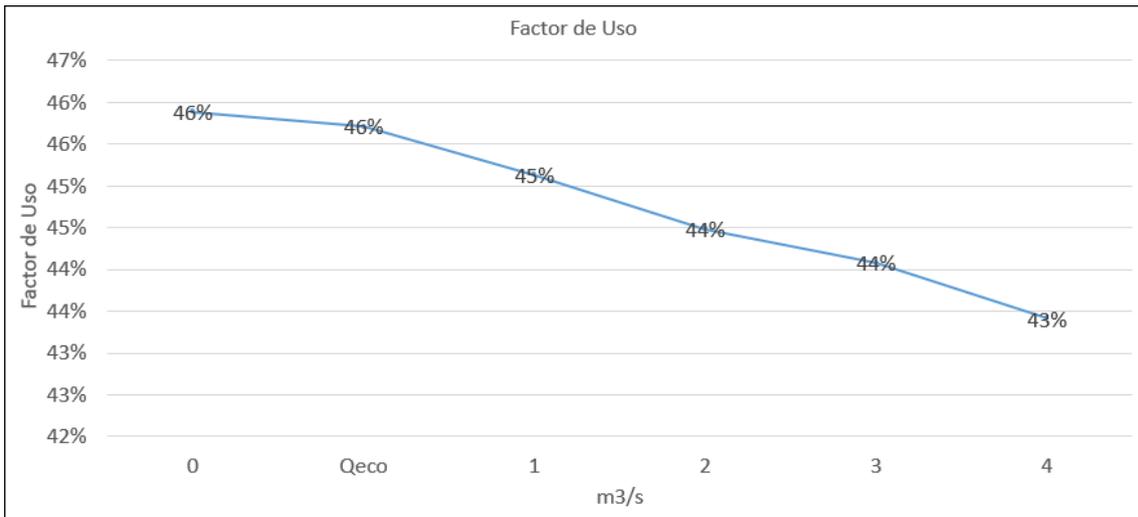
El factor de uso de esta central, la cual tiene una potencia instalada de 7,04 MW y por tanto la energía máxima producible es, por tanto:

$$E = 7,04 \text{ MW} * 8760 \text{ h/año} * \frac{1}{1000} \text{ GW/MW} = 61,67 \text{ GWh/año}$$

Es en cada escenario la división entre la energía generada y el máximo posible, siendo los resultados mostrados en la siguiente figura:



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1





7. Central hidroeléctrica de Colmenar

7.1 Recopilación de datos

En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de qué manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

7.1.1 Datos Ambientales

La central de Albentosa deriva agua desde un canal en túnel desde la presa de los Toranes y la devuelve al río Mijares aguas abajo del aporte del río Mora. Por tanto, se verá actualmente afectada por un caudal ecológico mínimo de 0,31 m³/s. Este caudal mínimo se exige tras el debido estudio multidisciplinar correspondiente, entre ellos el estudio del hábitat potencial útil de las especies piscícolas objetivo como el del barbo y el cacho.

7.1.2 Datos hidrológicos

Como la central de Colmenar deriva desde la de Ribesalbes la serie hidrológica que le afecta es la de aguas arriba del embalse de Schar.

La serie hidrológica que indica los caudales medios diarios, con los que se han calculado las curvas de caudales clasificados, se ha registrado y extrapolado proporcionalmente desde la estación de aforo perteneciente a la Red Oficial de Estaciones de Aforo con el código 8145, la cual se encuentra aguas abajo de la salida del embalse de Arenós.

La estación de aforo registra caudales medios diarios desde el 1 de octubre de 1987 hasta el 28 de junio de 2019, pero para tener un marco de referencia común entre todas las centrales se ha elegido un periodo representativo de 26 años, desde el 1 de enero de 1992 hasta el 31 de diciembre de 2018.

7.1.3 Datos funcionales

La central, como se ha mencionado, deriva agua desde la central de Ribesalbes a través de un canal con un caudal máximo de 12 m³/s hasta 2 grupos con una potencia instalada de 2,80 MW instalados respectivamente.

Un salto bruto de 56,60 m.

Los distintos escenarios por evaluar serán la progresión desde un caudal ecológico mínimo nulo hasta el régimen natural del río en torno a 4 m³/s.

- 1) Caudal ecológico= 0 m³/s
- 2) Caudal ecológico = 0,63 m³/s
- 3) Caudal ecológico = 1 m³/s



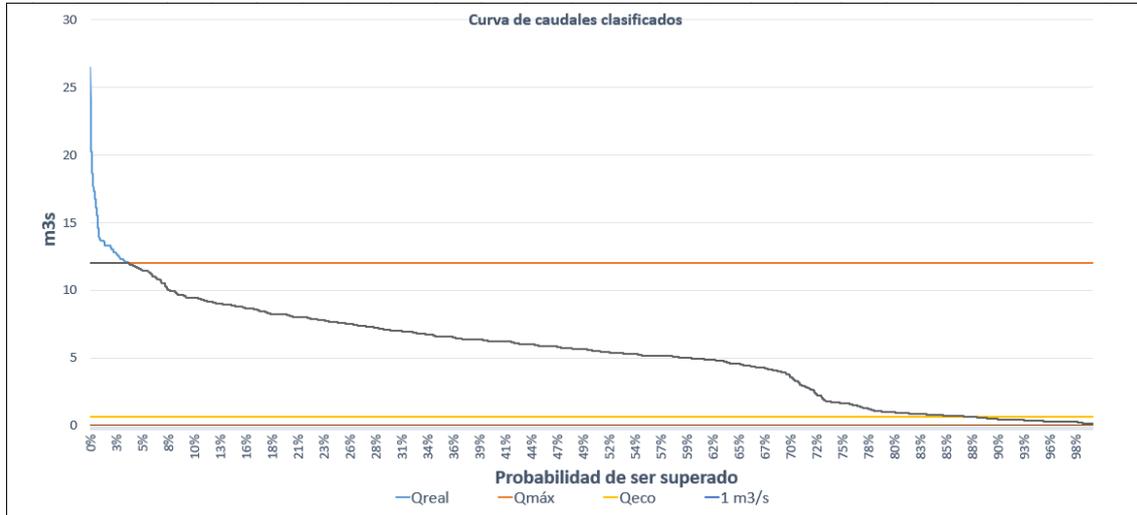
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



- 4) Caudal ecológico = 2 m³/s
- 5) Caudal ecológico = 3 m³/s
- 6) Caudal ecológico = 4 m³/s

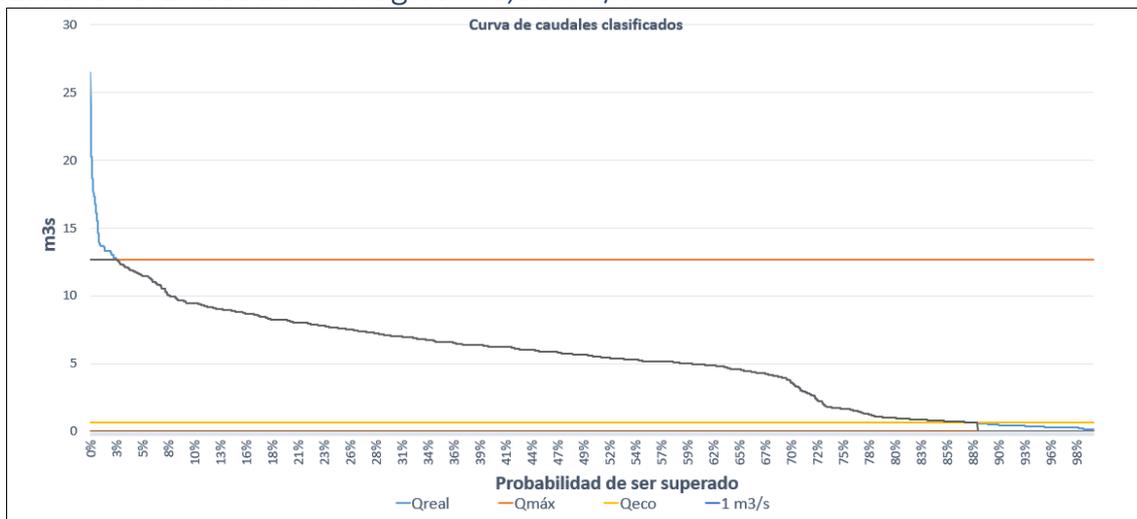
7.2 Procesamiento de datos

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



En el caso donde el caudal ecológico es cero es el menos beneficioso para el ecosistema pues dreña el río de agua, sin embargo, para la central hidroeléctrica es la situación de máximo aprovechamiento.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,63 m³/s

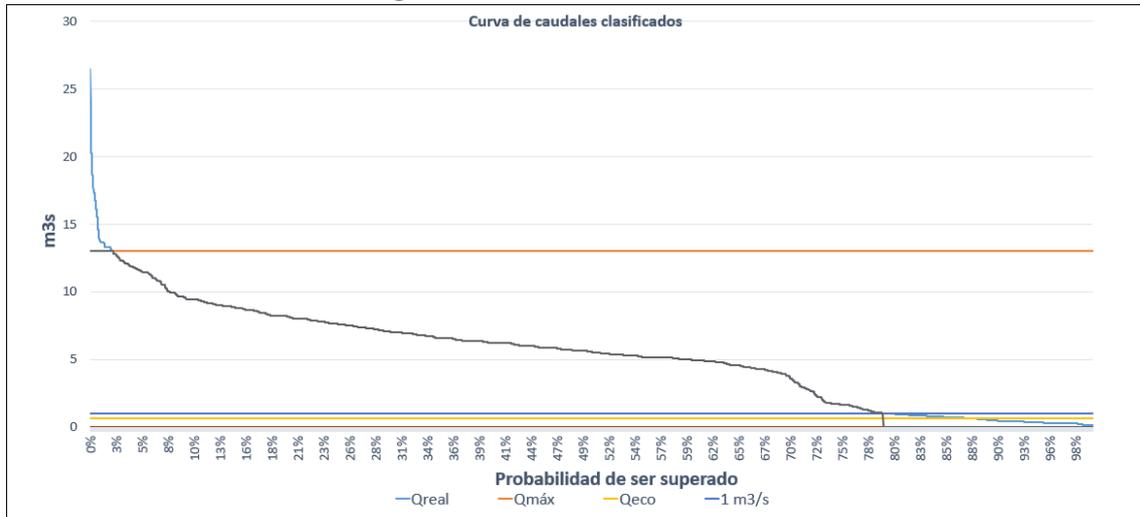




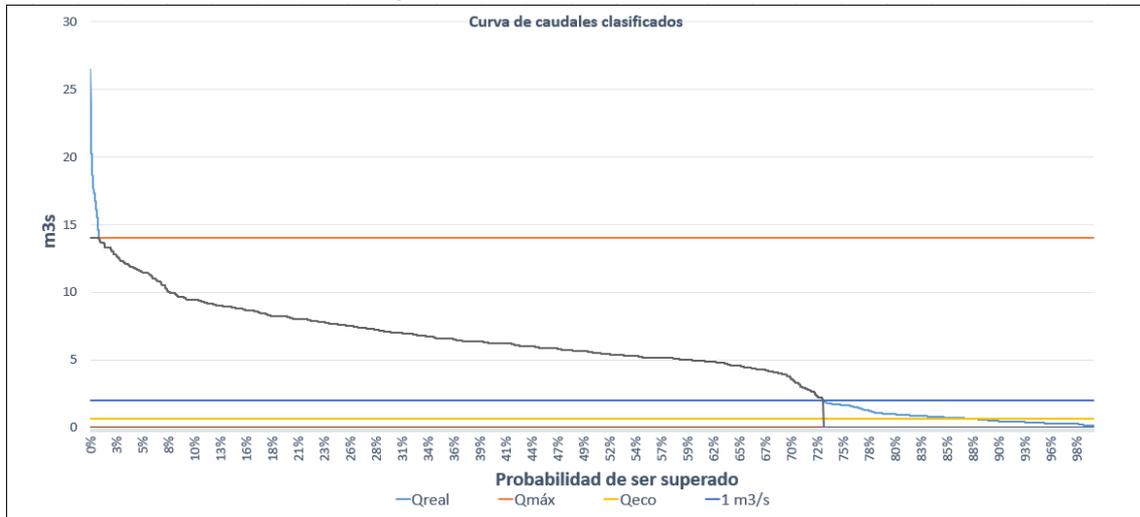
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



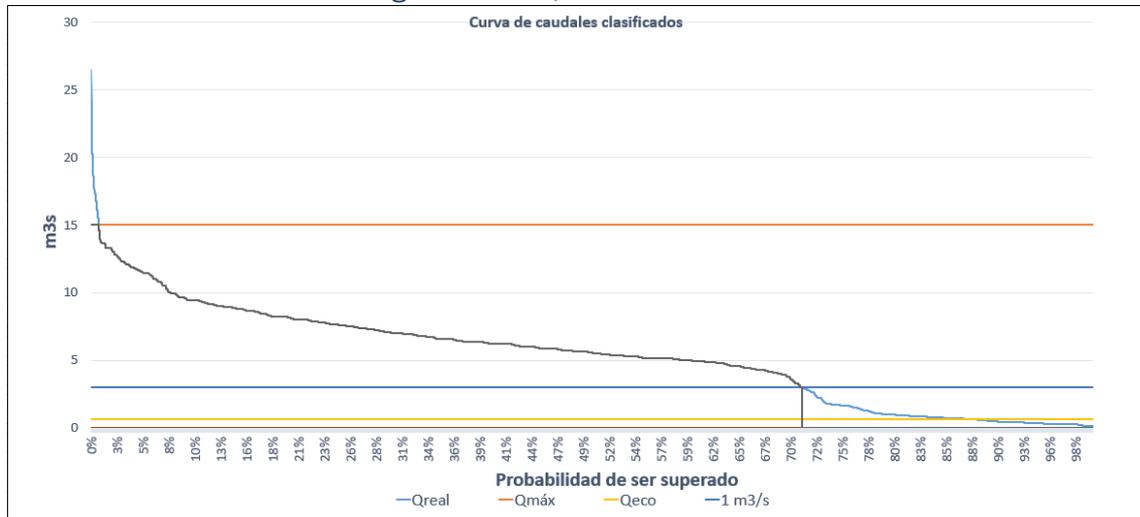
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



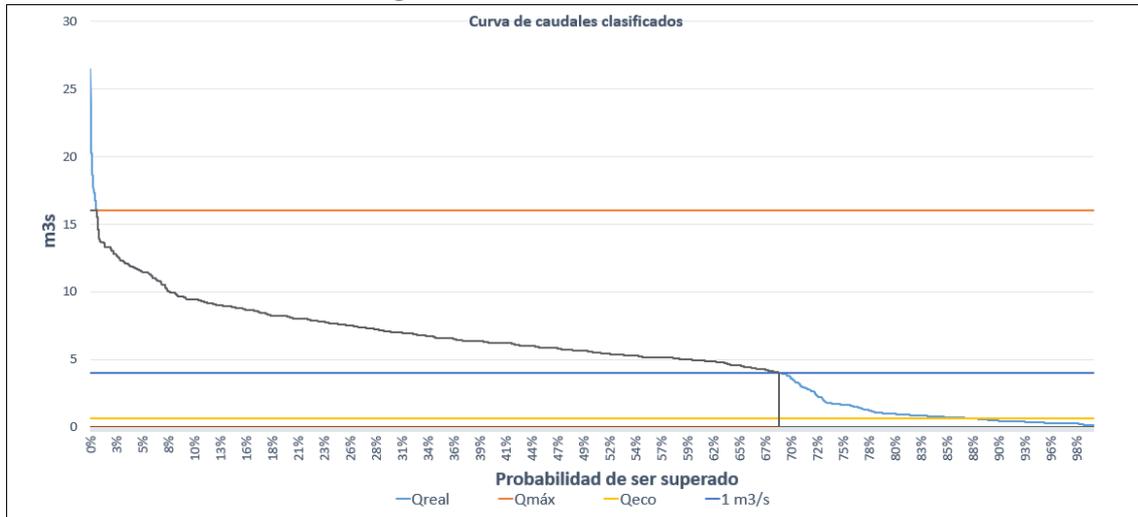
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



Con un régimen natural en el río Mijares, es decir cuando circula por el río 4 m³/s es la situación más desfavorable para la central, pero posiblemente más beneficiosa para el río, cosa que se comprobará observando el hábitat potencial útil de las especies objetivo en cada tramo de río.

7.3 Cálculo de la potencia

Una vez se ha obtenido el régimen de caudales turbinables, para cada uno se calcula la potencia media diaria que se ha producido, mediante la fórmula

$$Pe(kW) = 9,81 * \eta_t * \eta_g * \eta_m * Q * H$$

Que nos permite obtener los kW medios diarios estadísticos que se ven reflejados en las siguientes figuras para cada escenario evaluado:



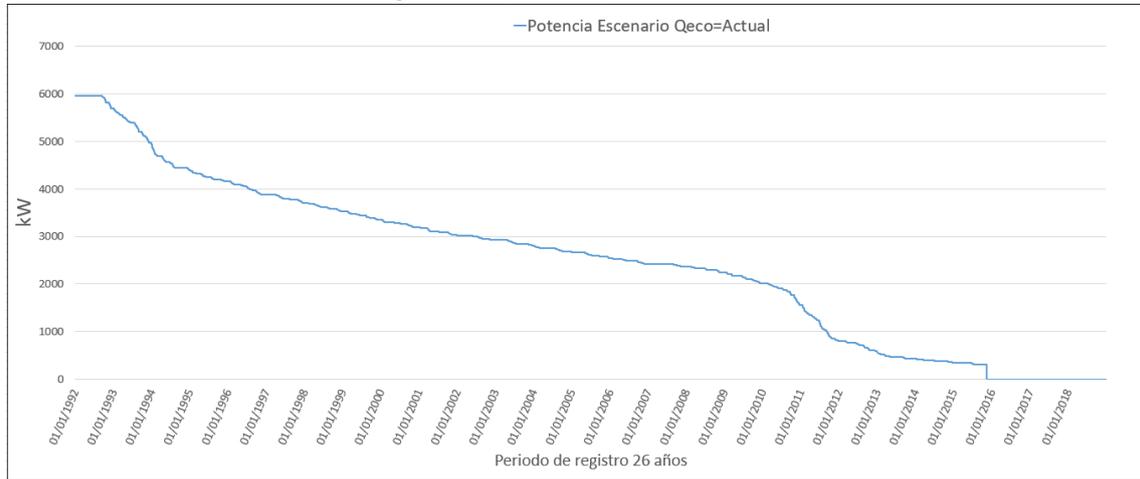
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



Escenario 2: Caudal ecológico = 0,63 m³/s



Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s

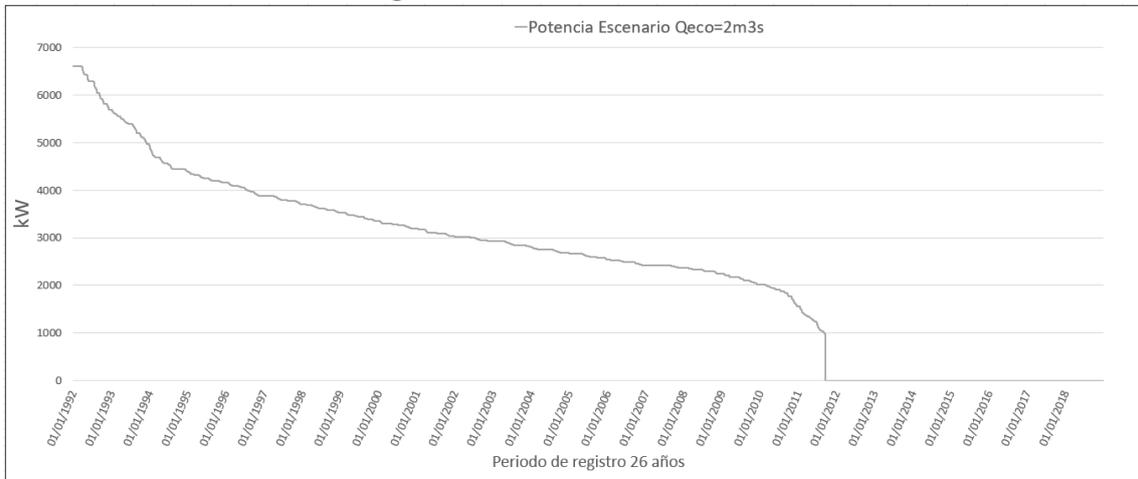




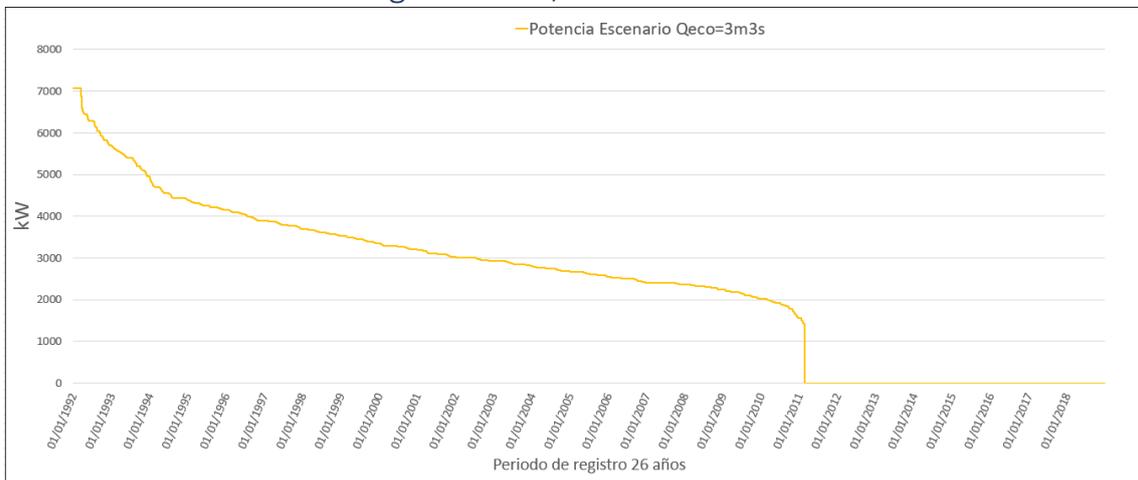
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



En el caso del régimen natural se presenta el caso más drástico para la central con la máxima reducción de la potencia instantánea media diaria.



7.4 Cálculo de la producción de energía

Una vez obtenida la potencia media diaria de cada escenario el objetivo es el de hallar los GWh/año, para ello se considera la hipótesis de que la central turbine las 24 horas al día, por lo que habrá que el proceso de cálculo constará de:

- 1) Se suma de todas las potencias diarias de cada escenario, resultado en kW
- 2) Se multiplica por 24h para obtener la producción energética de los 26 años, resultado en kWh
- 3) Se divide entre 26 años para obtener la máxima producción energética media anual.

Se divide entre 1000 para convertir el resultado a la unidad de GWh/año

7.5 Energía media anual

En la siguiente tabla se muestran la producción eléctrica según el caudal ecológico propuesto en cada escenario.

Escenarios de Qeco (m^3/s)	GWh/año
0	22,60
0,63	22,52
1	22,23
2	21,91
3	21,71
4	21,38

7.6 Factor de uso

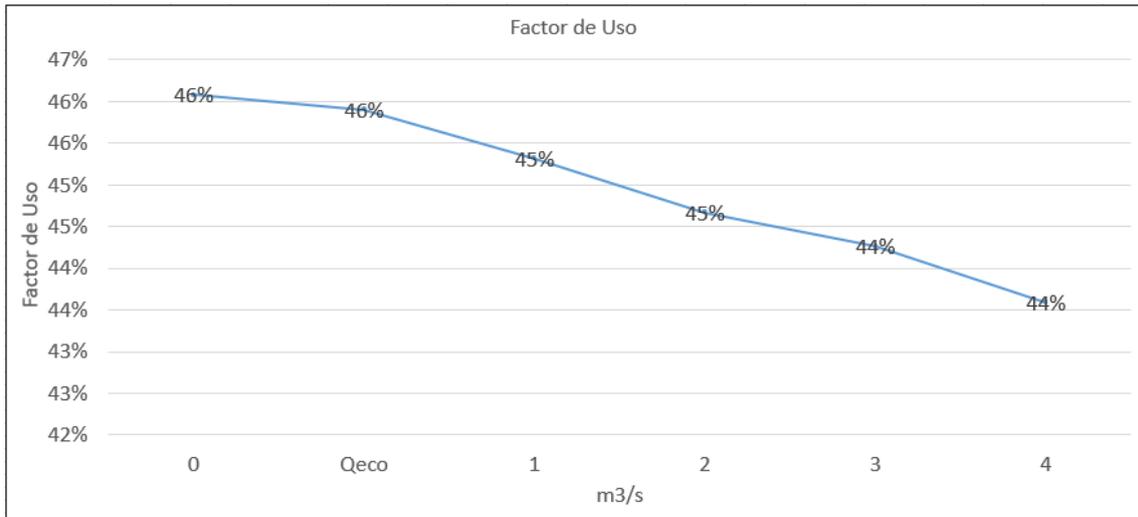
El factor de uso de esta central, la cual tiene una potencia instalada de 4,6 MW y por tanto la energía máxima producible es, por tanto:

$$E = 4,6 \text{ MW} * 8760 \text{ h/año} * \frac{1}{1000} \text{ GW/MW} = 49,06 \text{ GWh/año}$$

Es en cada escenario la división entre la energía generada y el máximo posible, siendo los resultados mostrados en la siguiente figura:



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1





8. Central hidroeléctrica de Onda

En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de qué manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

8.1 Recopilación de datos

En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de qué manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

8.1.1 Datos Ambientales

La central de Onda deriva agua a través de un canal desde un azud y la devuelve al río Mijares tras su turbinación aguas debajo de la toma del tramo común. Por tanto, se verá actualmente afectada por un caudal ecológico mínimo de 0,95 m³/s. Este caudal mínimo se exige tras el debido estudio multidisciplinar correspondiente, entre ellos el estudio del hábitat potencial útil de las especies piscícolas objetivo como el del barbo y el cacho.

8.1.2 Datos hidrológicos

La serie hidrológica que indica los caudales medios diarios, con los que se han calculado las curvas de caudales clasificados, se ha registrado y extrapolado proporcionalmente desde la estación de aforo perteneciente a la Red Oficial de Estaciones de Aforo con el código 8005, la cual se encuentra en Villarreal.

La estación de aforo registra caudales medios diarios desde el 1 de octubre de 1968 hasta el 28 de junio de 2019, pero para tener un marco de referencia común entre todas las centrales se ha elegido un periodo representativo de 26 años, desde el 1 de enero de 1992 hasta el 31 de diciembre de 2018.

8.1.3 Datos funcionales

La central, como se ha mencionado, deriva agua a través de un canal con un caudal máximo de 9,2 m³/s hasta 2 grupos con una potencia instalada de 0,45 MW instalados respectivamente.

Un salto bruto de 13,15 m.

Los distintos escenarios por evaluar serán la progresión desde un caudal ecológico mínimo nulo hasta el régimen natural del río en torno a 4 m³/s.

- 1) Caudal ecológico= 0 m³/s



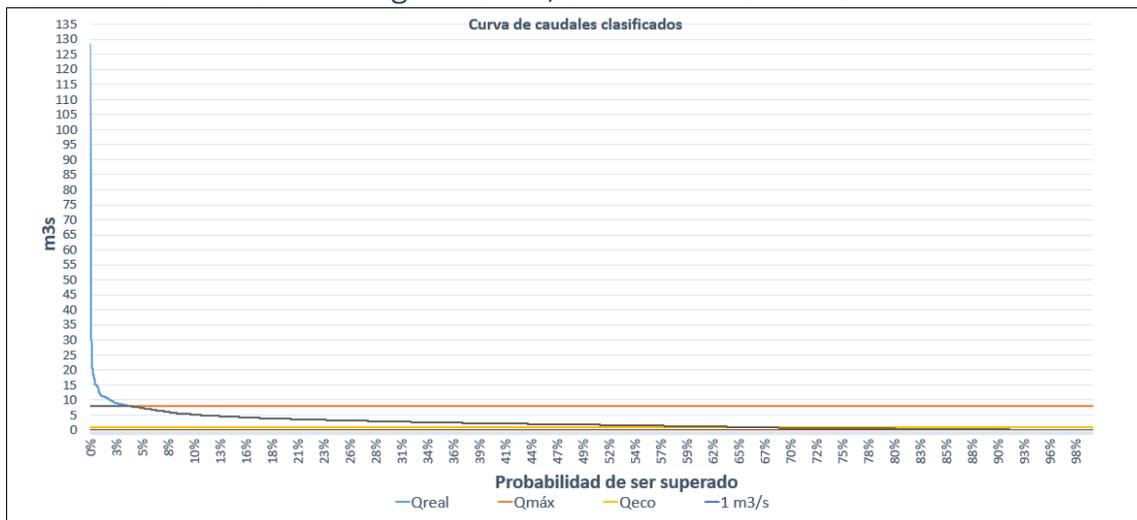
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



- 2) Caudal ecológico = 0,95 m³/s
- 3) Caudal ecológico = 1 m³/s
- 4) Caudal ecológico = 2 m³/s
- 5) Caudal ecológico = 3 m³/s
- 6) Caudal ecológico = 4 m³/s

8.2 Procesamiento de datos

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



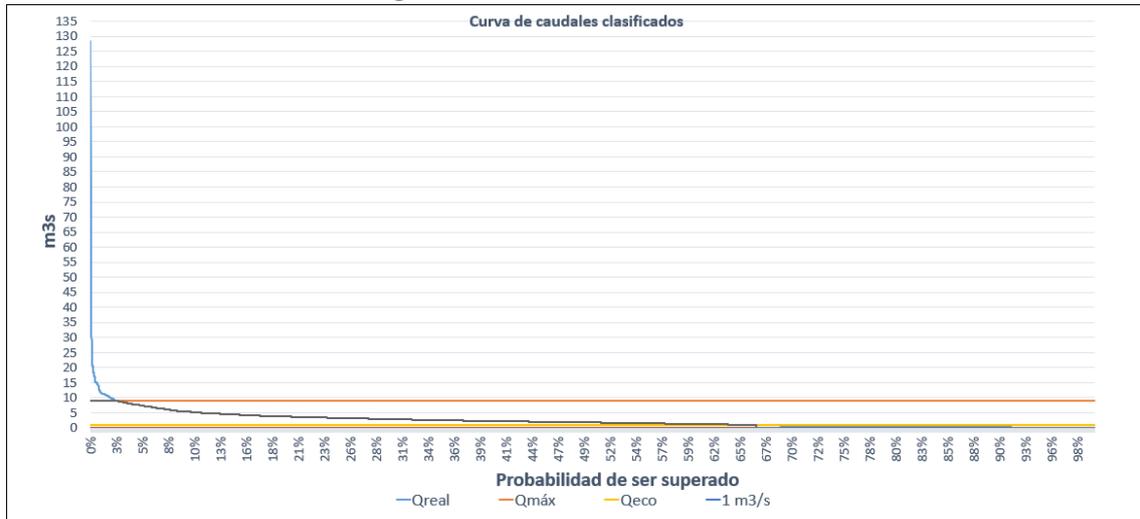
En el caso del escenario 1, donde el caudal ecológico exigido es nulo se da el caso de mayor aprovechamiento de las centrales, sin embargo, esto reportaría numerosos daños al ecosistema del río, ya que, al dejarlo sin agua, tanto las especies piscícolas, como son el barbo y el cacho, como la flora se verían sin el medio donde habitar. En este caso se aprecia que el límite superior es de 8 m³/s y el límite inferior vendría dado por el caudal mínimo turbinable que en el caso de la central de Onda es prácticamente nulo y por tanto se aproxima a 0.



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

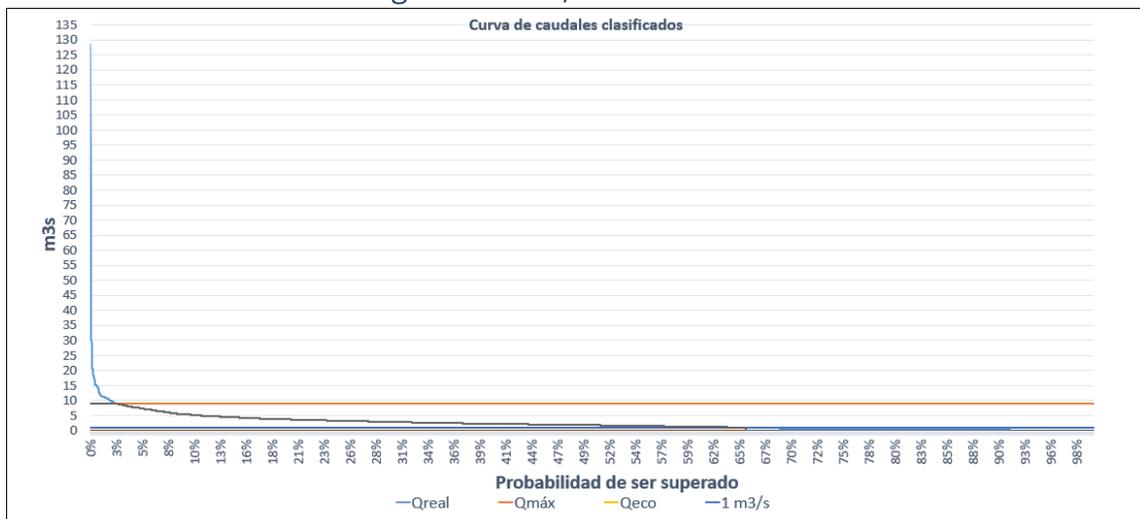


Escenario 2: Caudal ecológico = 0,95 m³/s



En el escenario 2, en el caso del caudal ecológico actual de 0,95 m³/s que afecta a la central de Onda, veríamos que el hábitat potencial útil del barbo habría aumentado hasta el 30% en el caso del estadio adulto de la especie y hasta 96% y 90% en los estadios juvenil y alevín respectivamente. A cambio el régimen turbinable se vería reducido pues cuando el río porte caudales menores al mínimo la central no podrá derivar agua para turbinar y generar energía.

Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



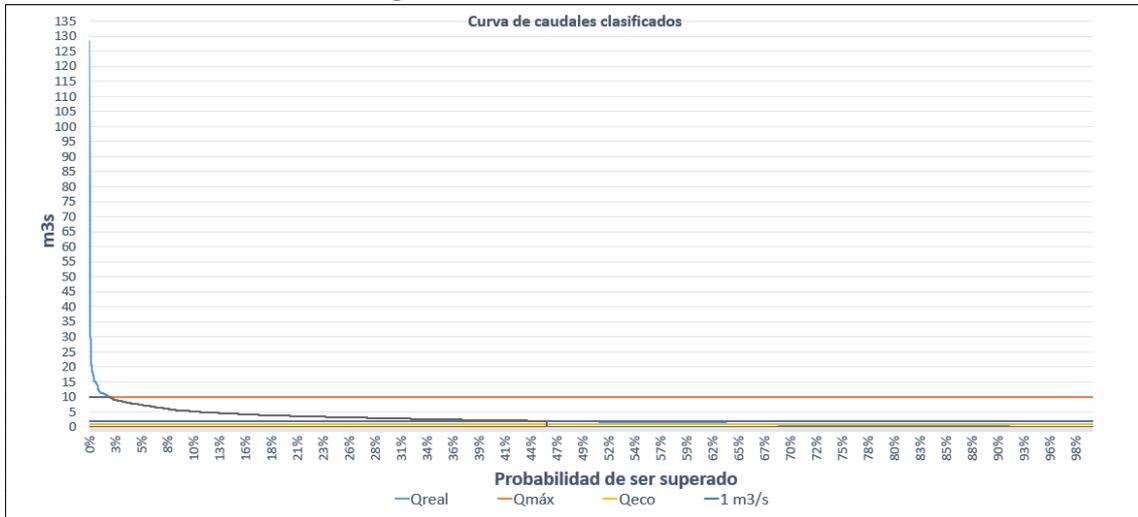
En el escenario 3, donde el caudal ecológico es de 1 m³/s, en el caso del barbo adulto, juvenil y alevín el porcentaje de hábitat potencial útil ha variado a 33%, 100% y 92% respectivamente. Y de la misma manera que en el anterior caso, el régimen de caudales turbinables se ha visto reducido a un caudal máximo de 9 m³/s y uno mínimo de 1 m³/s.



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

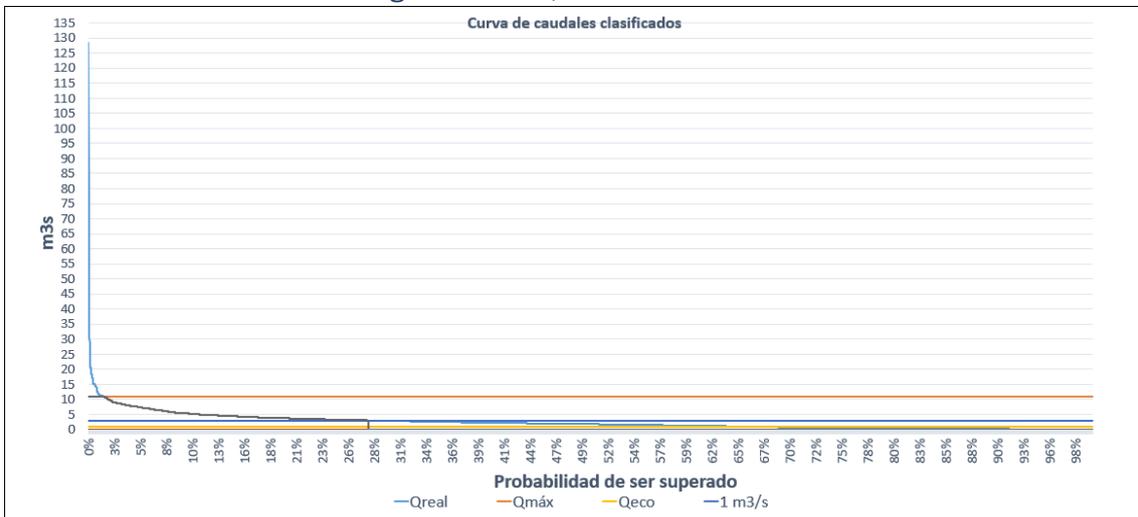


Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



Con un caudal máximo de 10 m³/s y un mínimo de 2 m³/s el régimen de caudales turbinables se ha reducido a cambio de aumentar el hábitat potencial útil del barbo en estadio adulto de un 33% a un 70% sin perjudicar en exceso a los otros estadios de la especie que se mantienen por encima del 60% de hábitat potencial útil.

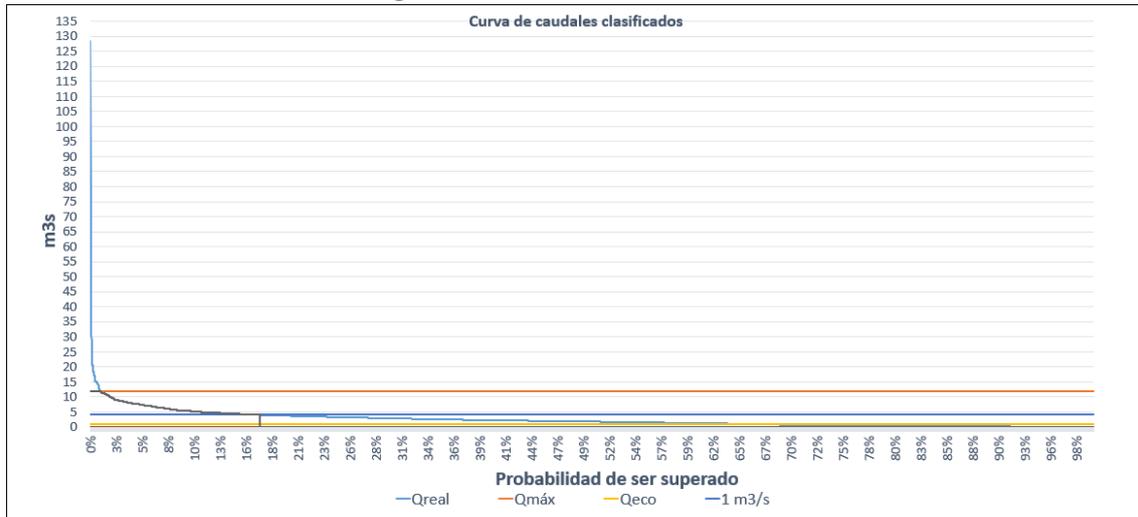
Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



Cuando aumentamos el caudal ecológico a 3 m³/s el hábitat potencial útil del barbo se estabiliza en 100% mientras que el caso de los estadios de juvenil y alevín se reducen a 28% y 60% respectivamente. A cambio reducimos el régimen de caudales turbinables de la central de Onda.



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



Finalmente, en el régimen de caudales naturales del río Mijares el hábitat potencial útil del barbo adulto se mantiene en 100% mientras que el hábitat potencial útil de los alevines y juveniles disminuye ligeramente respecto al escenario previo. Sin embargo, se reduce notablemente el régimen turbinable a cambio de obtener muy poco beneficio cuantificado en hábitat potencial útil de las especies objetivo del río Mijares.

8.3 Cálculo de la potencia

Una vez se ha obtenido el régimen de caudales turbinables, para cada uno se calcula la potencia media diaria que se ha producido, mediante la fórmula

$$Pe(kW) = 9,81 * \eta_t * \eta_g * \eta_m * Q * H$$

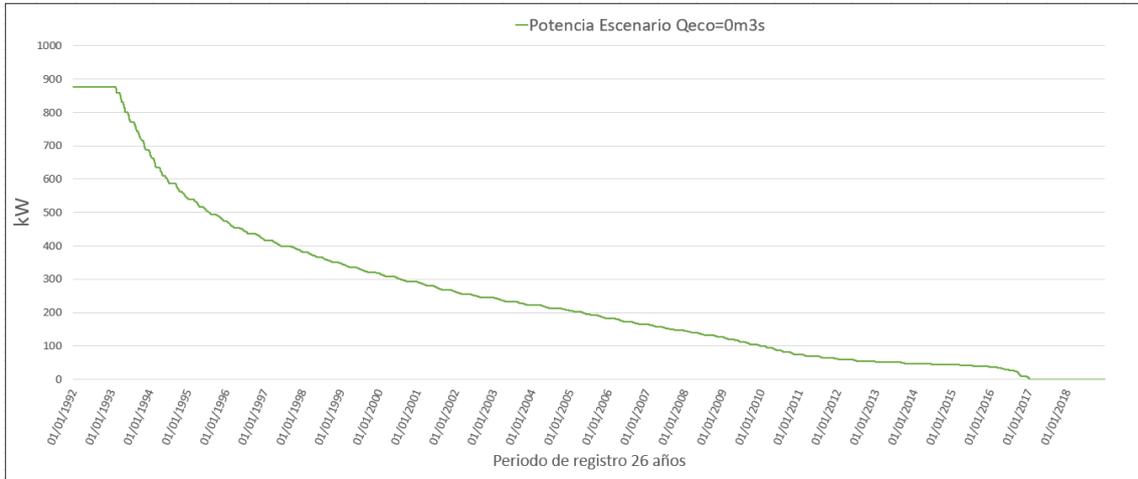
Que nos permite obtener los kW medios diarios estadísticos que se ven reflejados en las siguientes figuras para cada escenario evaluado:



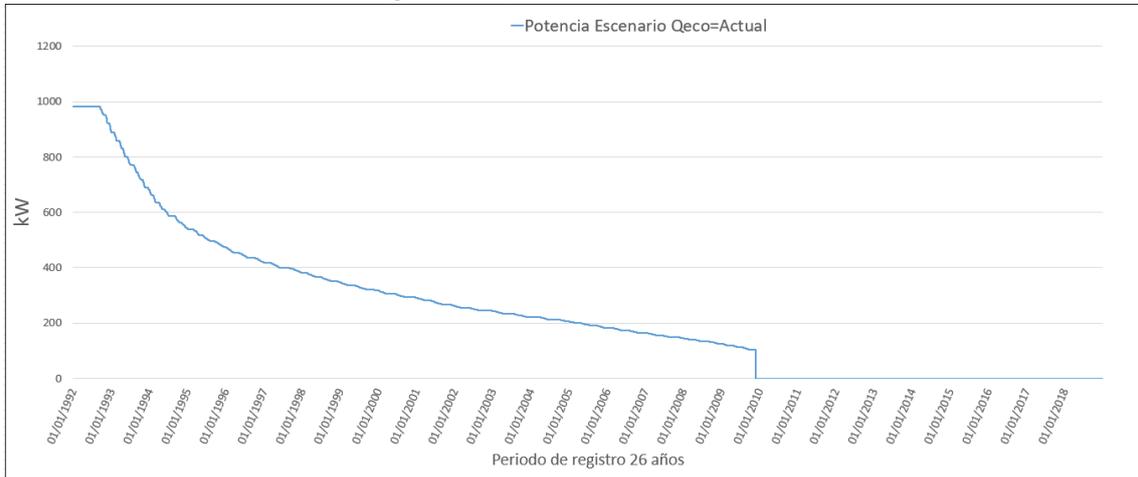
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



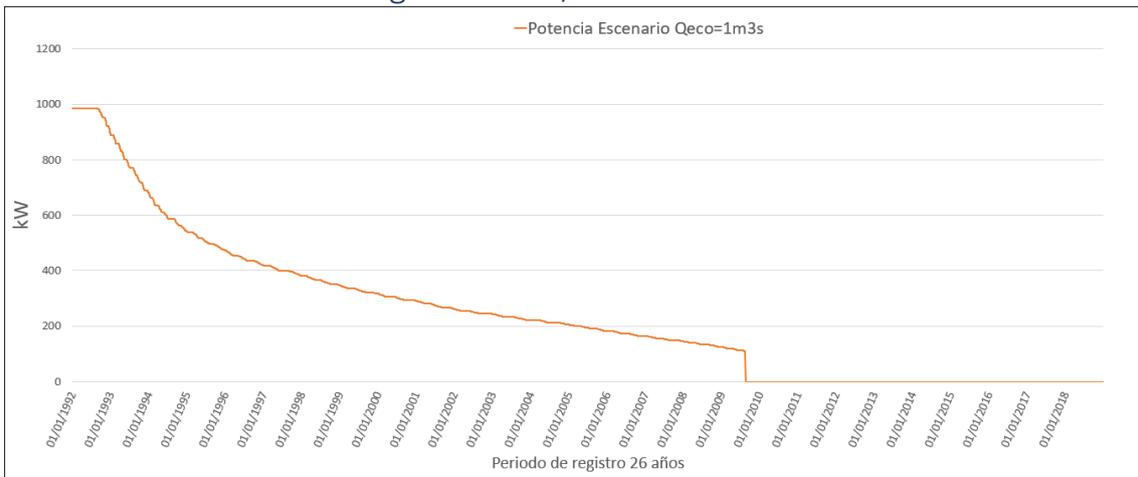
Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



Escenario 2: Caudal ecológico = 0,95 m³/s



Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s

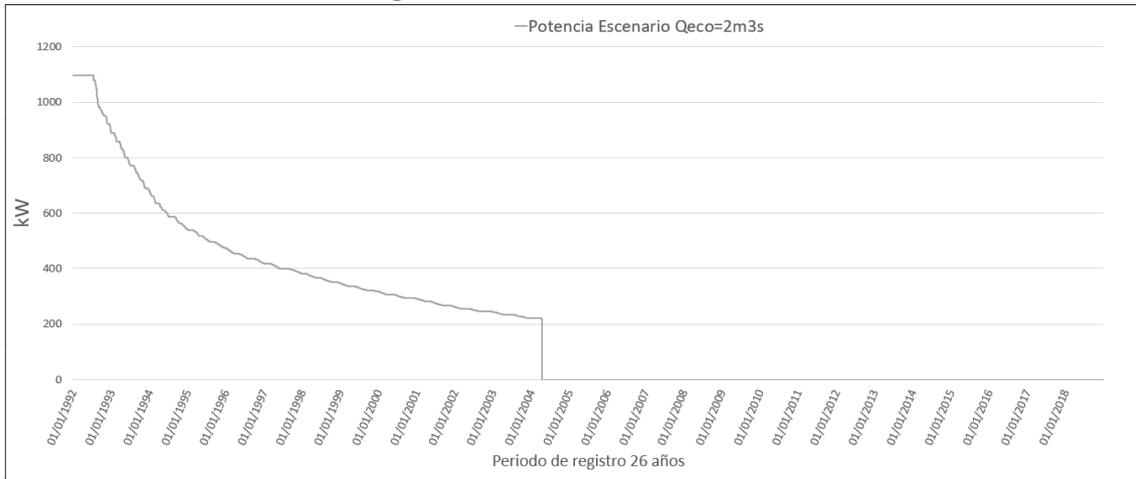




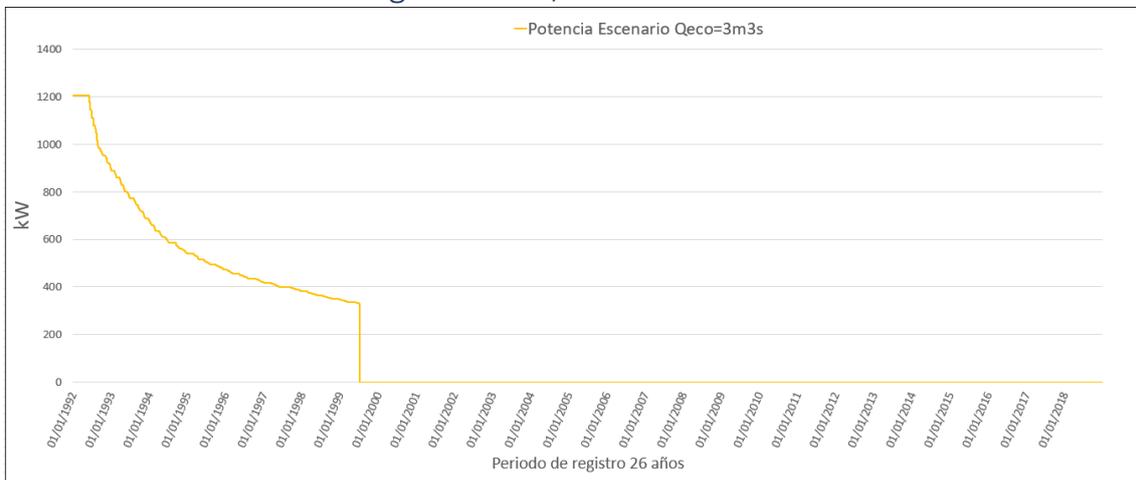
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



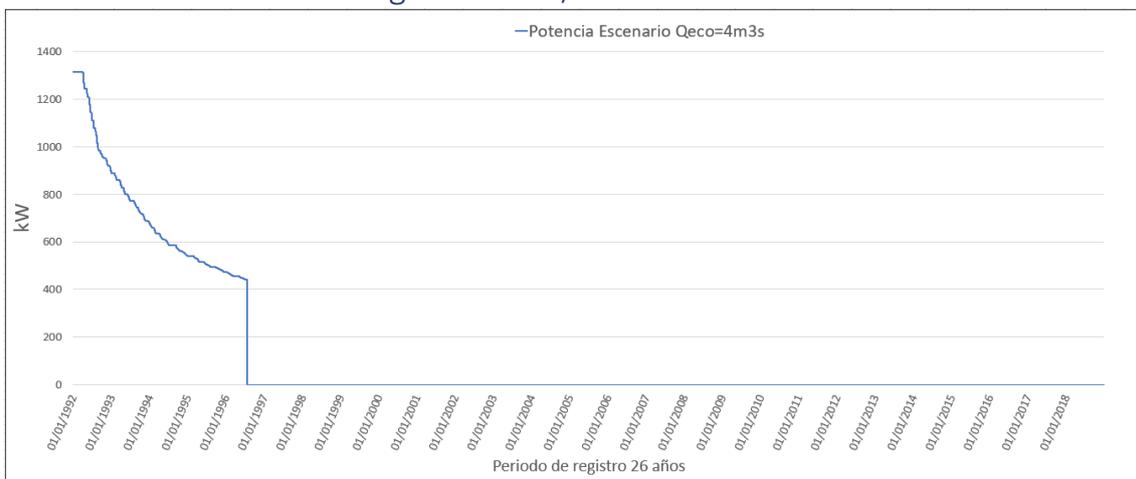
Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



En el caso del régimen natural se presenta el caso más drástico para la central con la máxima reducción de la potencia instantánea media diaria.



8.4 Cálculo de la producción de energía

Una vez obtenida la potencia media diaria de cada escenario el objetivo es el de hallar los GWh/año, para ello se considera la hipótesis de que la central turbine las 24 horas al día, por lo que habrá que el proceso de cálculo constará de:

- 1) Se suma de todas las potencias diarias de cada escenario, resultado en kW
- 2) Se multiplica por 24h para obtener la producción energética de los 26 años, resultado en kWh
- 3) Se divide entre 26 años para obtener la máxima producción energética media anual.

Se divide entre 1000 para convertir el resultado a la unidad de GWh/año

8.5 Energía media anual

En la siguiente tabla se muestran la producción eléctrica según el caudal ecológico propuesto en cada escenario.

Escenarios de Qeco (m^3/s)	GWh/año
0	2,27
0,95	2,17
1	2,16
2	1,89
3	1,47
4	1,10

8.6 Factor de uso

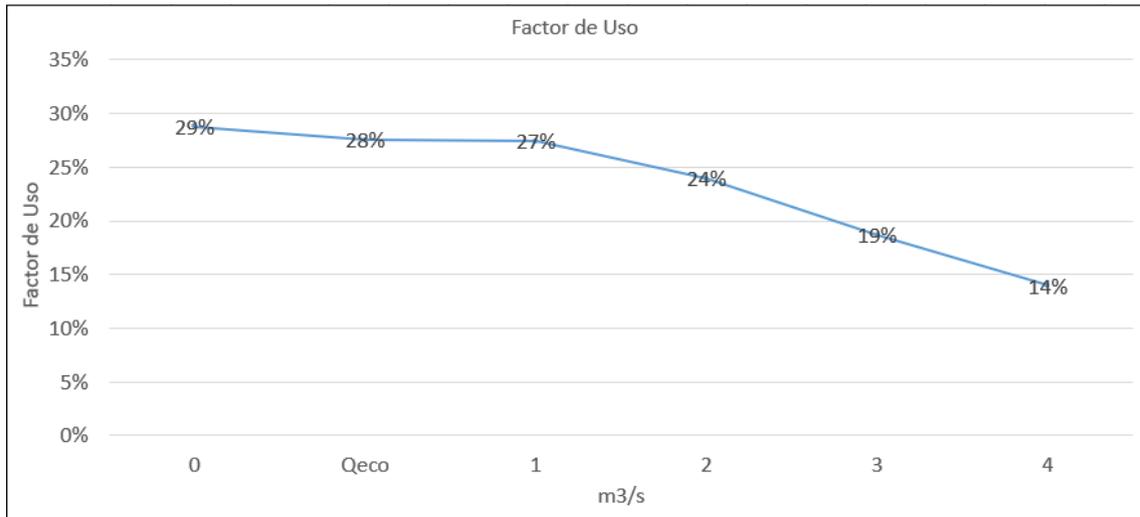
El factor de uso de esta central, la cual tiene una potencia instalada de 0,9 MW y por tanto la energía máxima producible es, por tanto:

$$E = 0,9 \text{ MW} * 8760 \text{ h/año} * \frac{1}{1000} \text{ GW/MW} = 7,88 \text{ GWh/año}$$

Es en cada escenario la división entre la energía generada y el máximo posible, siendo los resultados mostrados en la siguiente figura:



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1





9. Central hidroeléctrica de Hidro

9.1 Recopilación de datos

En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de qué manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

9.1.1 Datos Ambientales

La central de Hidro deriva agua a través de un canal desde un azud aguas arriba de la central y la devuelve al río Mijares inmediatamente tras su turbinación. Por tanto, se verá actualmente afectada por un caudal ecológico mínimo de 0,48 m³/s. Este caudal mínimo se exige tras el debido estudio multidisciplinar correspondiente, entre ellos el estudio del hábitat potencial útil de las especies piscícolas objetivo como el de la trucha común.

9.1.2 Datos hidrológicos

La serie hidrológica que indica los caudales medios diarios, con los que se han calculado las curvas de caudales clasificados, se ha registrado y extrapolado proporcionalmente desde la estación de aforo perteneciente a la Red Oficial de Estaciones de Aforo con el código 8005, la cual se encuentra en Villarreal.

La estación de aforo registra caudales medios diarios desde el 1 de octubre de 1968 hasta el 28 de junio de 2019, pero para tener un marco de referencia común entre todas las centrales se ha elegido un periodo representativo de 26 años, desde el 1 de enero de 1992 hasta el 31 de diciembre de 2018.

9.1.3 Datos funcionales

La central, como se ha mencionado, deriva agua a través de un canal con un caudal máximo de 9 m³/s hasta 2 grupos con una potencia instalada de 0,32 MW instalados respectivamente.

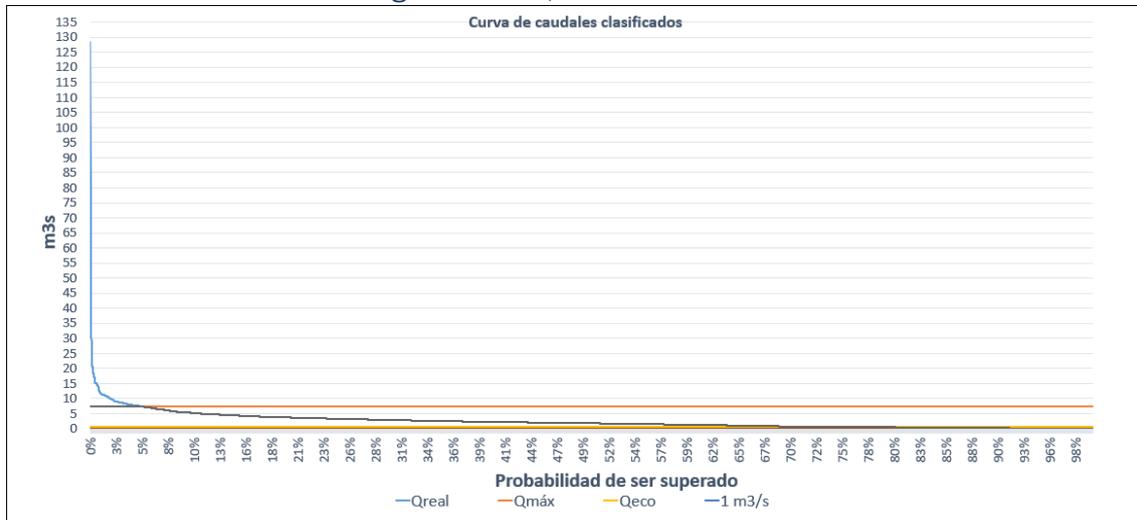
Un salto bruto de 13,15 m.

Los distintos escenarios por evaluar serán la progresión desde un caudal ecológico mínimo nulo hasta el régimen natural del río en torno a 4 m³/s.

- 1) Caudal ecológico= 0 m³/s
- 2) Caudal ecológico = 0,48 m³/s
- 3) Caudal ecológico = 1 m³/s
- 4) Caudal ecológico = 2 m³/s
- 5) Caudal ecológico = 3 m³/s
- 6) Caudal ecológico = 4 m³/s

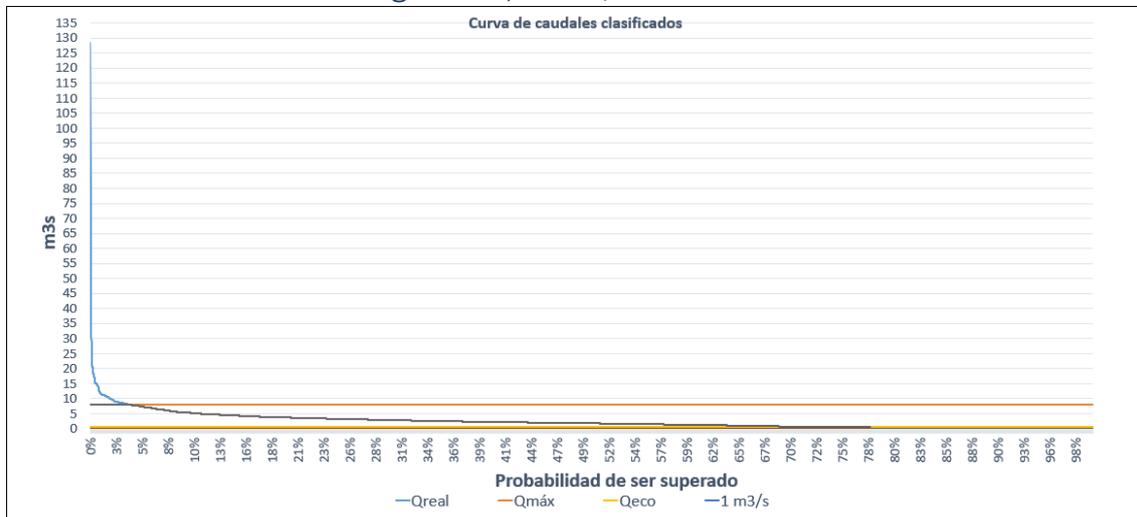
9.2 Procesamiento de datos

Escenario 1: Caudal ecológico = 0 m³/s



En el caso donde el caudal ecológico es cero es el menos beneficioso para el ecosistema pues drena el río de agua, sin embargo, para la central hidroeléctrica es la situación de máximo aprovechamiento.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,48 m³/s

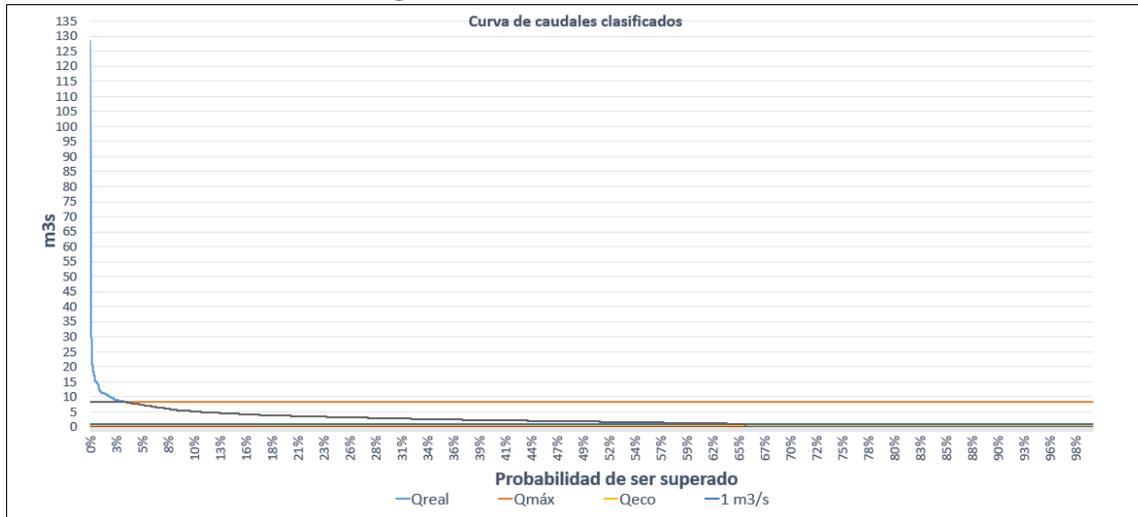




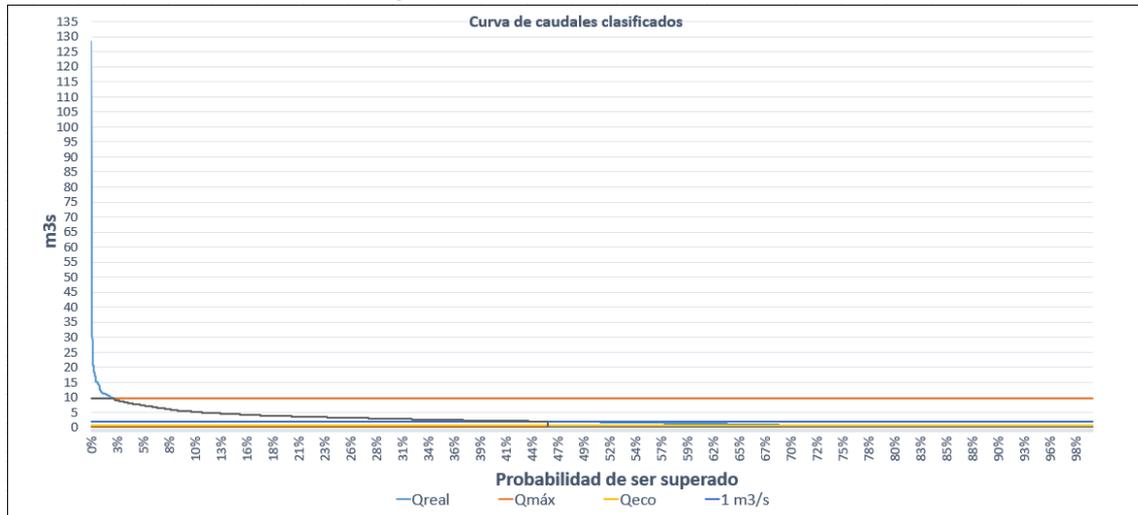
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



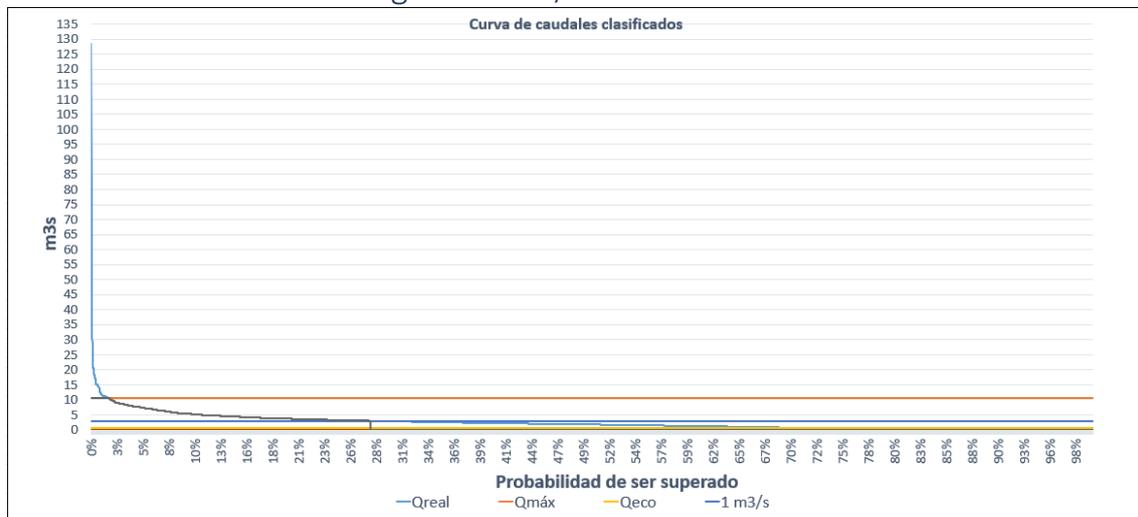
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s

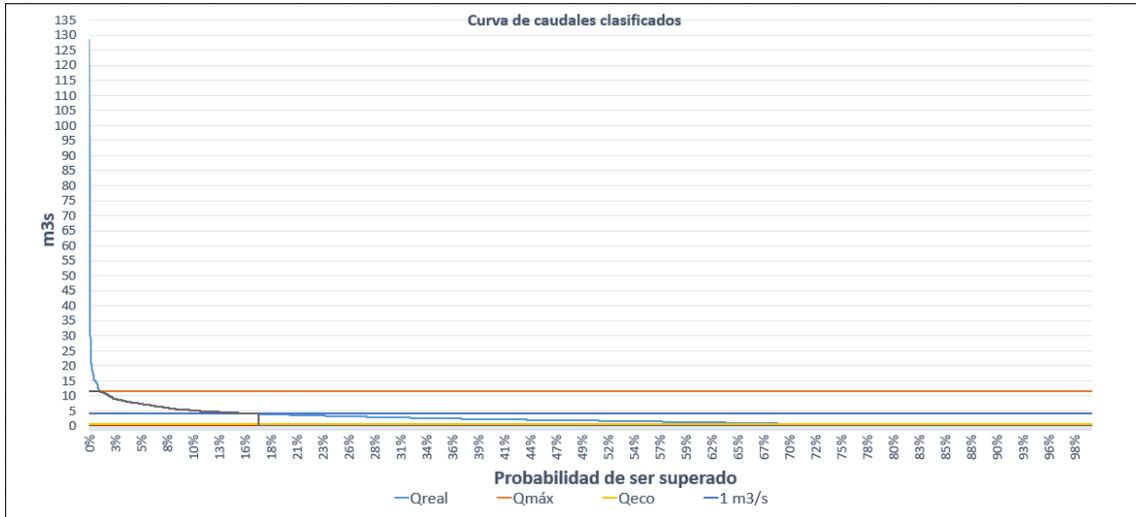




ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



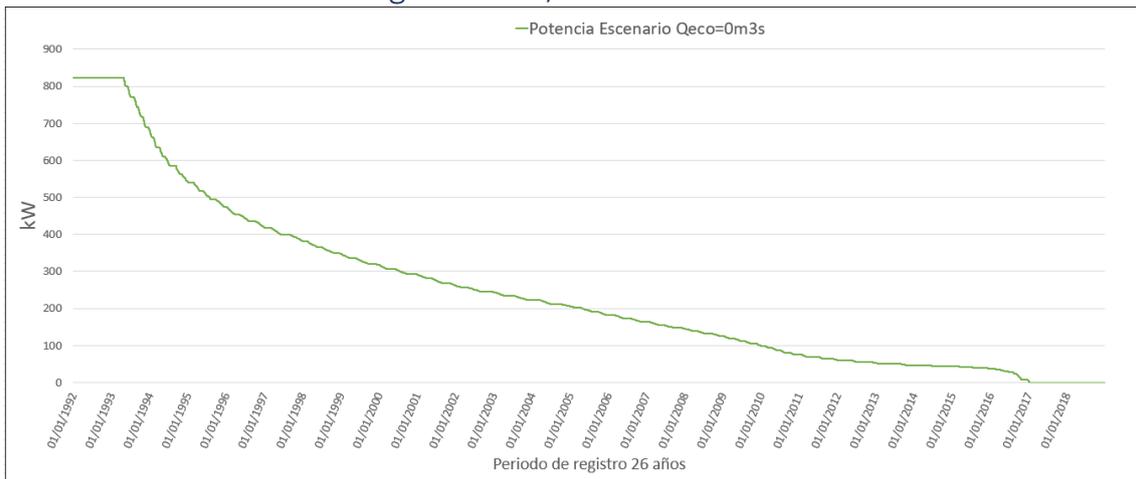
9.3 Cálculo de la potencia

Una vez se ha obtenido el régimen de caudales turbinables, para cada uno se calcula la potencia media diaria que se ha producido, mediante la fórmula

$$Pe(kW) = 9,81 * \eta_t * \eta_g * \eta_m * Q * H$$

Que nos permite obtener los kW medios diarios estadísticos que se ven reflejados en las siguientes figuras para cada escenario evaluado:

Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s

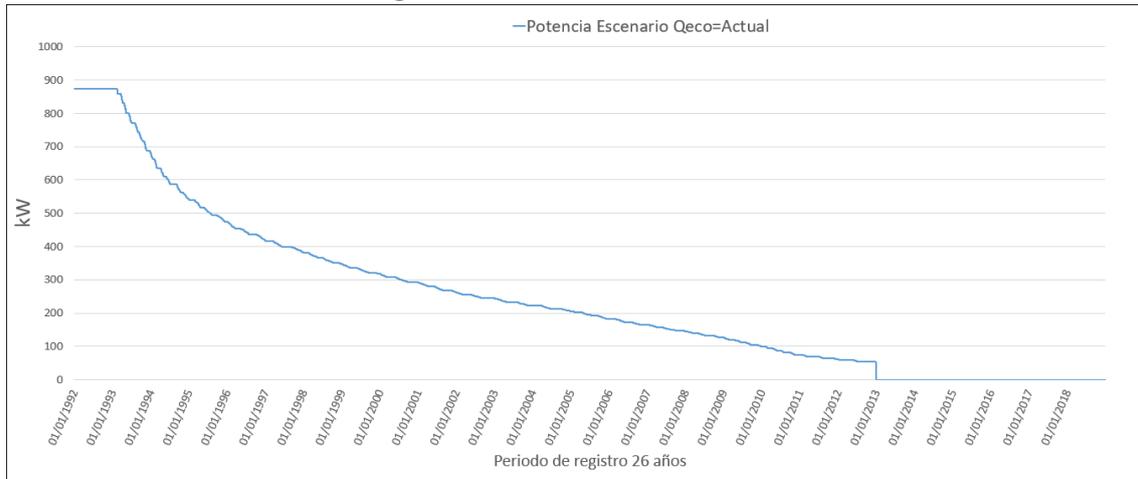




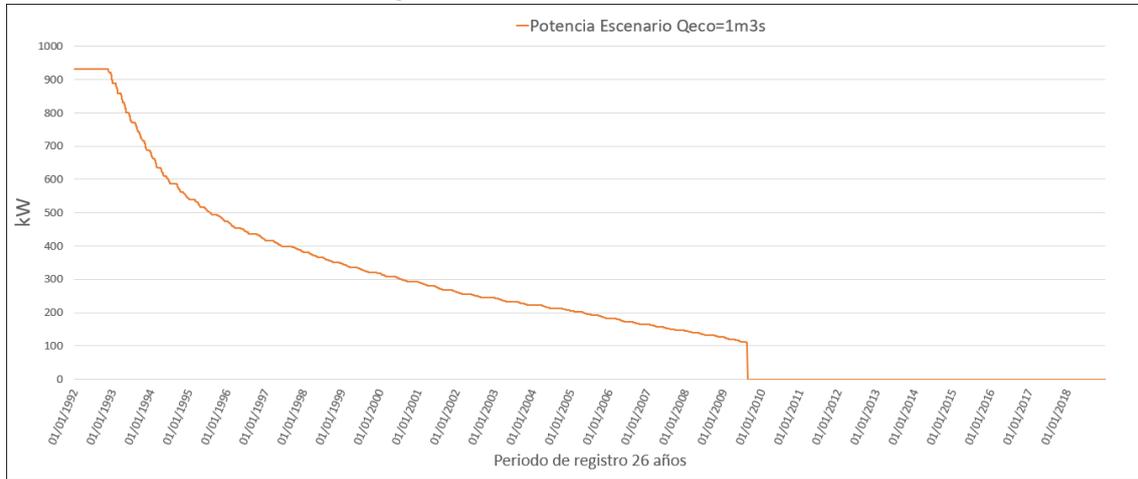
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



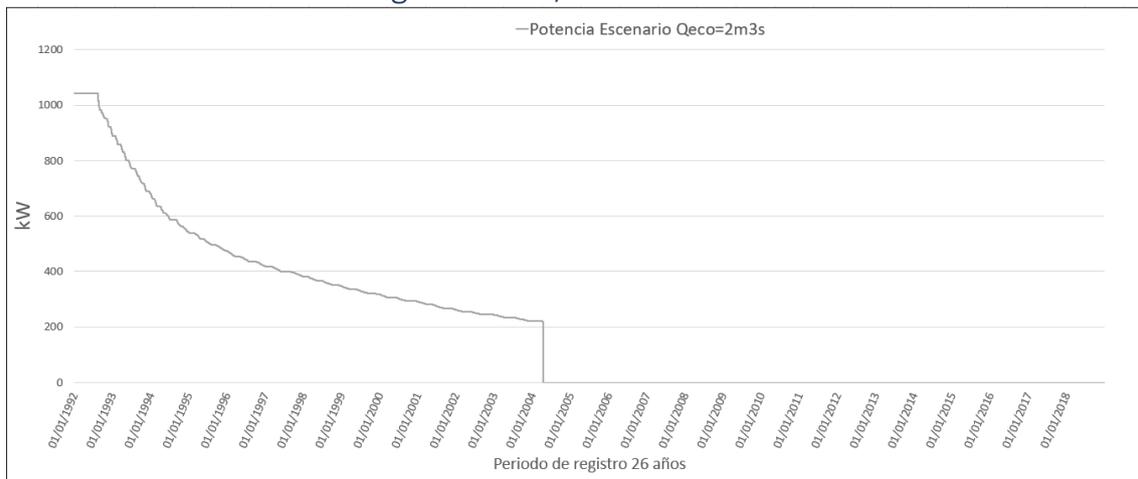
Escenario 2: Caudal ecológico = 0,48 m³/s



Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s

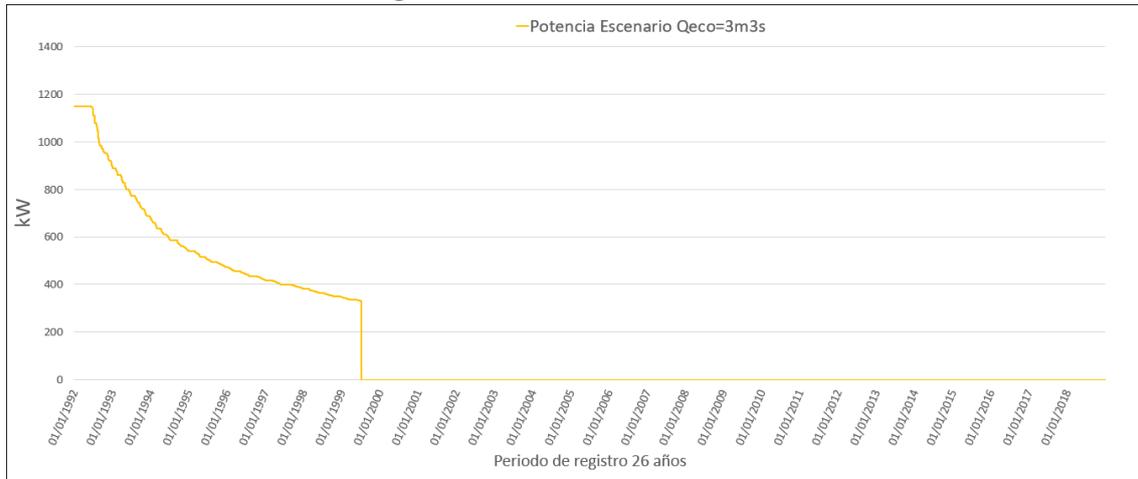




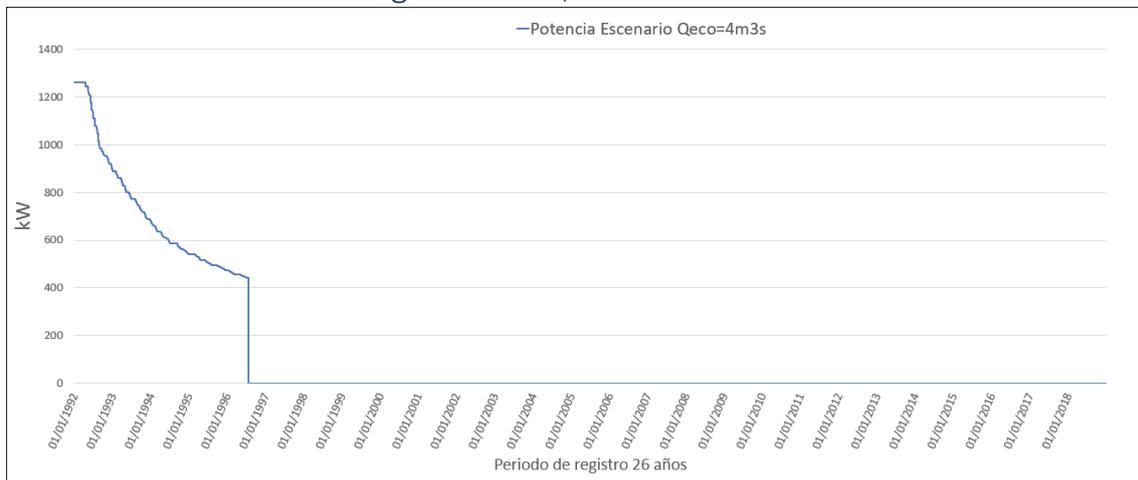
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



En el caso del régimen natural se presenta el caso más drástico para la central con la máxima reducción de la potencia instantánea media diaria.

9.4 Cálculo de la producción de energía

Una vez obtenida la potencia media diaria de cada escenario el objetivo es el de hallar los GWh/año, para ello se considera la hipótesis de que la central turbine las 24 horas al día, por lo que habrá que el proceso de cálculo constará de:

- 1) Se suma de todas las potencias diarias de cada escenario, resultado en kW
- 2) Se multiplica por 24h para obtener la producción energética de los 26 años, resultado en kWh
- 3) Se divide entre 26 años para obtener la máxima producción energética media anual.

Se divide entre 1000 para convertir el resultado a la unidad de GWh/año



9.5 Energía media anual

En la siguiente tabla se muestran la producción eléctrica según el caudal ecológico propuesto en cada escenario.

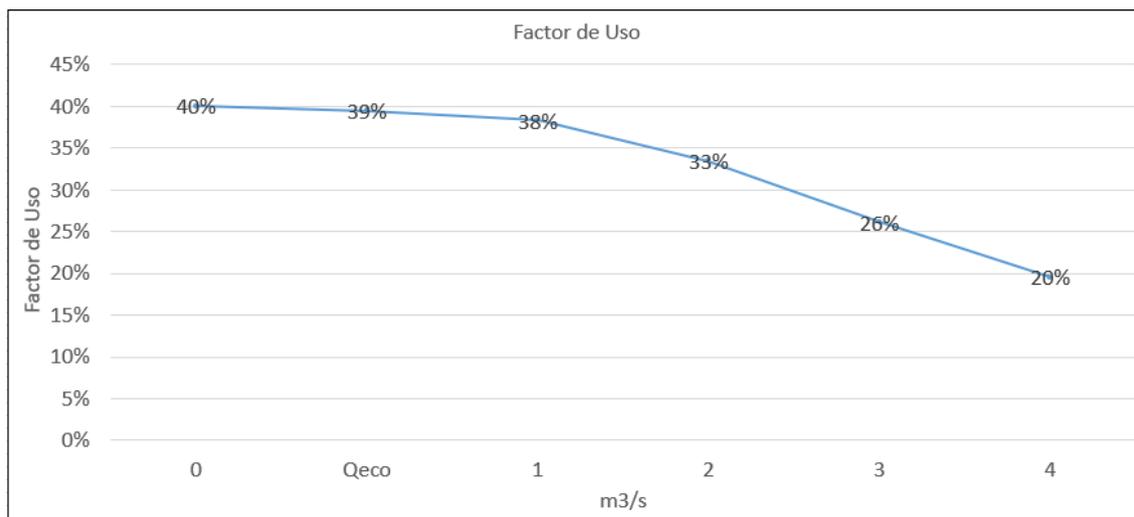
Escenarios de Qeco (m ³ /s)	GWh/año
0	2,25
0,48	2,21
1	2,15
2	1,88
3	1,47
4	1,10

9.6 Factor de uso

El factor de uso de esta central, la cual tiene una potencia instalada de 0,64 MW y por tanto la energía máxima producible es, por tanto:

$$E = 0,64 \text{ MW} * 8760 \text{ h/año} * \frac{1}{1000} \text{ GW/MW} = 5,61 \text{ GWh/año}$$

Es en cada escenario la división entre la energía generada y el máximo posible, siendo los resultados mostrados en la siguiente figura:





10. Central hidroeléctrica de Villarreal

10.1 Recopilación de datos

En este apartado se recoge toda la información disponible referente a nuestras centrales que pueda afectar, no solo al cálculo sino a la toma de decisiones posteriores. Es decir, se ha de conocer el entorno al que afecta la central, de qué manera la central se puede aprovechar de dicho entorno y los datos funcionales de cada central para comprender su funcionamiento.

10.1.1 Datos Ambientales

La central de Villarreal deriva agua a través de un canal desde un azud aguas arriba de la central y la devuelve al río Mijares inmediatamente tras su turbinación. Por tanto, se verá actualmente afectada por un caudal ecológico mínimo de 0,2 m³/s. Este caudal mínimo se exige tras el debido estudio multidisciplinar correspondiente, entre ellos el estudio del hábitat potencial útil de las especies piscícolas objetivo como el de la trucha común.

10.1.2 Datos hidrológicos

La serie hidrológica que indica los caudales medios diarios, con los que se han calculado las curvas de caudales clasificados, se ha registrado y extrapolado proporcionalmente desde la estación de aforo perteneciente a la Red Oficial de Estaciones de Aforo con el código 8005, la cual se encuentra en Villarreal.

La estación de aforo registra caudales medios diarios desde el 1 de octubre de 1968 hasta el 28 de junio de 2019, pero para tener un marco de referencia común entre todas las centrales se ha elegido un periodo representativo de 26 años, desde el 1 de enero de 1992 hasta el 31 de diciembre de 2018.

10.1.3 Datos funcionales

La central, como se ha mencionado, deriva agua a través de un canal con un caudal máximo de 8 m³/s hasta un grupo con una potencia instalada de 0,472 MW instalados respectivamente.

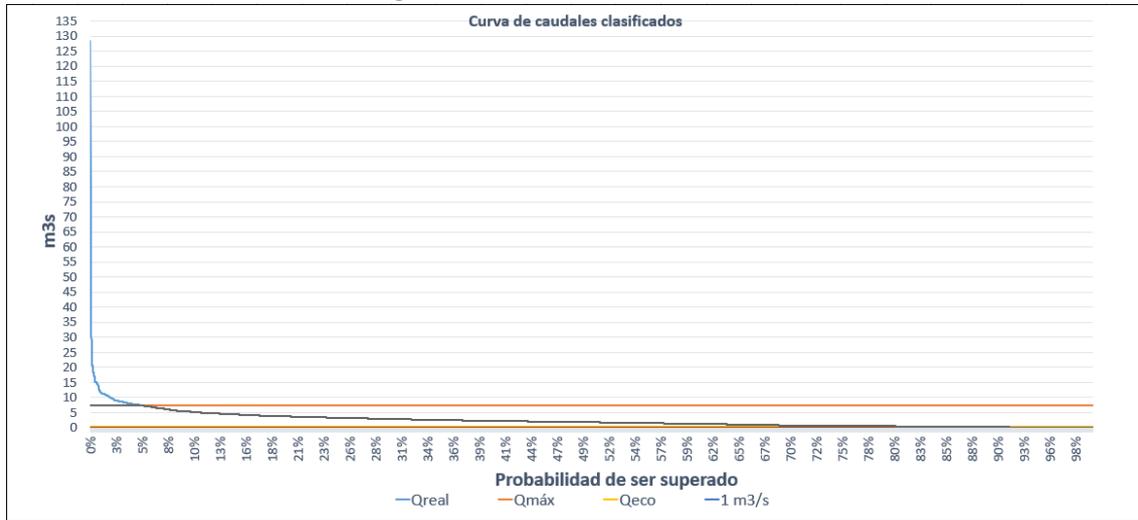
Un salto bruto de 7,28 m.

Los distintos escenarios por evaluar serán la progresión desde un caudal ecológico mínimo nulo hasta el régimen natural del río en torno a 4 m³/s.

- 1) Caudal ecológico= 0 m³/s
- 2) Caudal ecológico = 0,2 m³/s
- 3) Caudal ecológico = 1 m³/s
- 4) Caudal ecológico = 2 m³/s
- 5) Caudal ecológico = 3 m³/s
- 6) Caudal ecológico = 4 m³/s

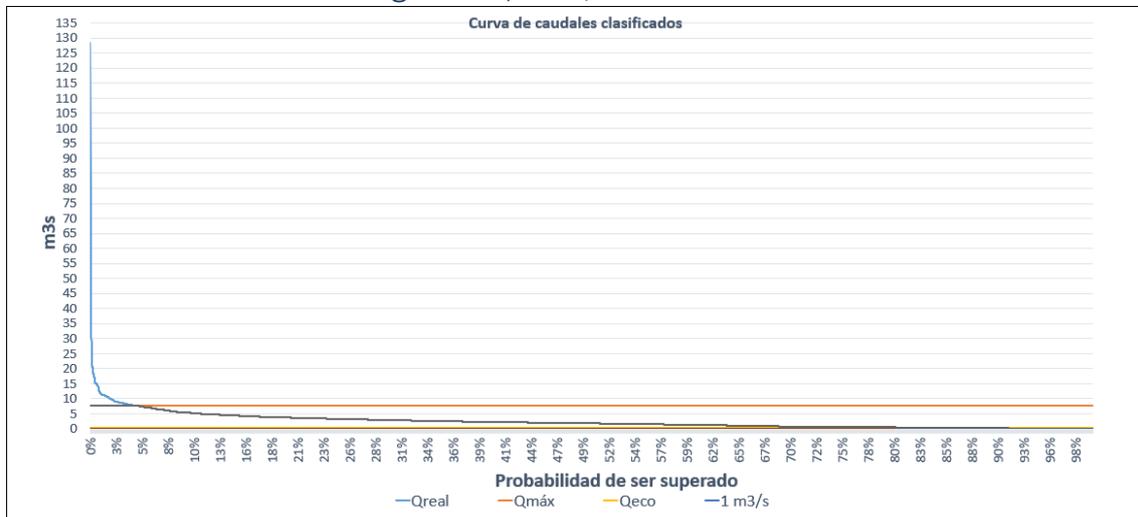
10.2 Procesamiento de datos

Escenario 1: Caudal ecológico = 0 m³/s



En el caso donde el caudal ecológico es cero es el menos beneficioso para el ecosistema pues dreña el río de agua, sin embargo, para la central hidroeléctrica es la situación de máximo aprovechamiento.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,2 m³/s

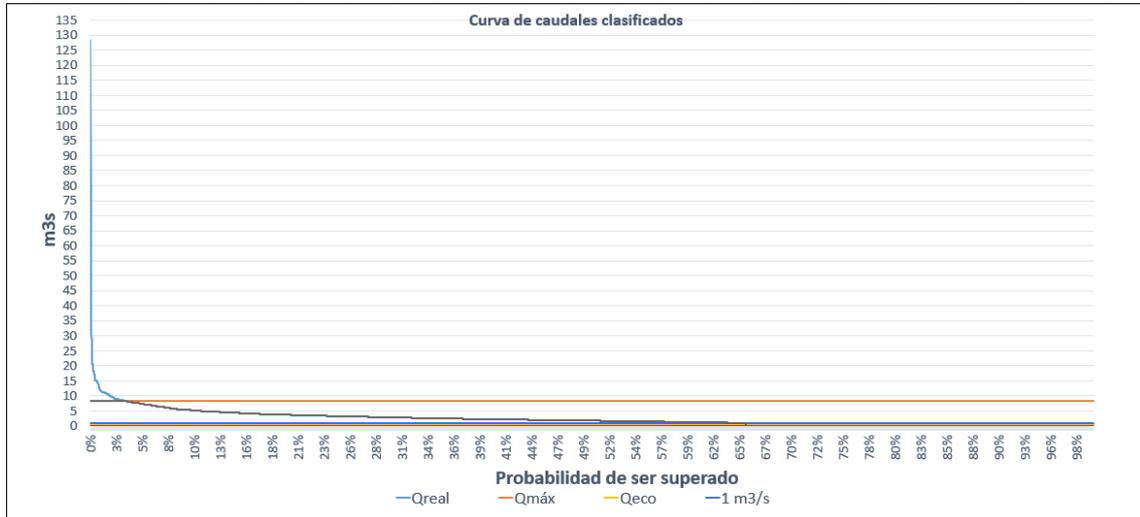




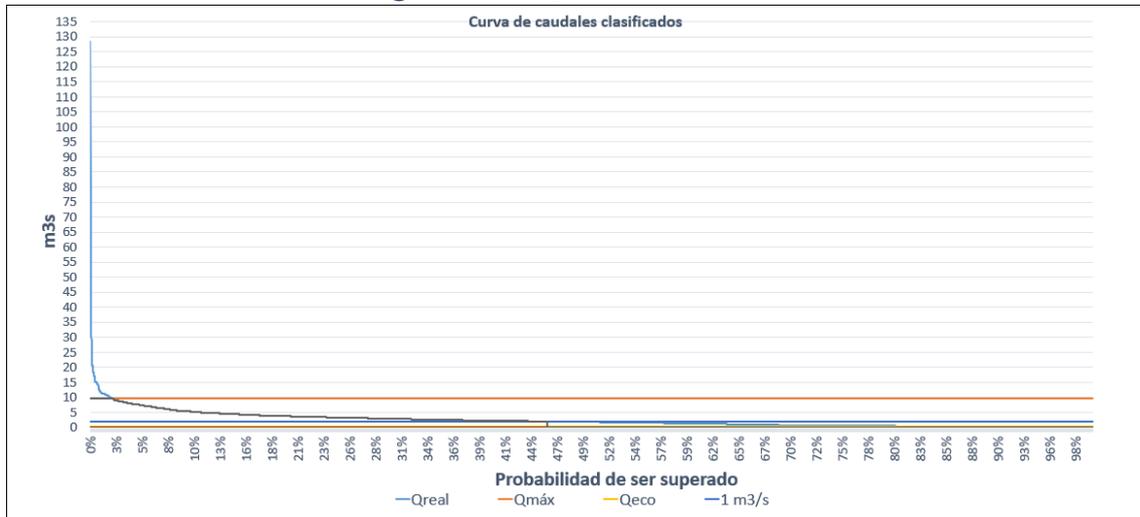
ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



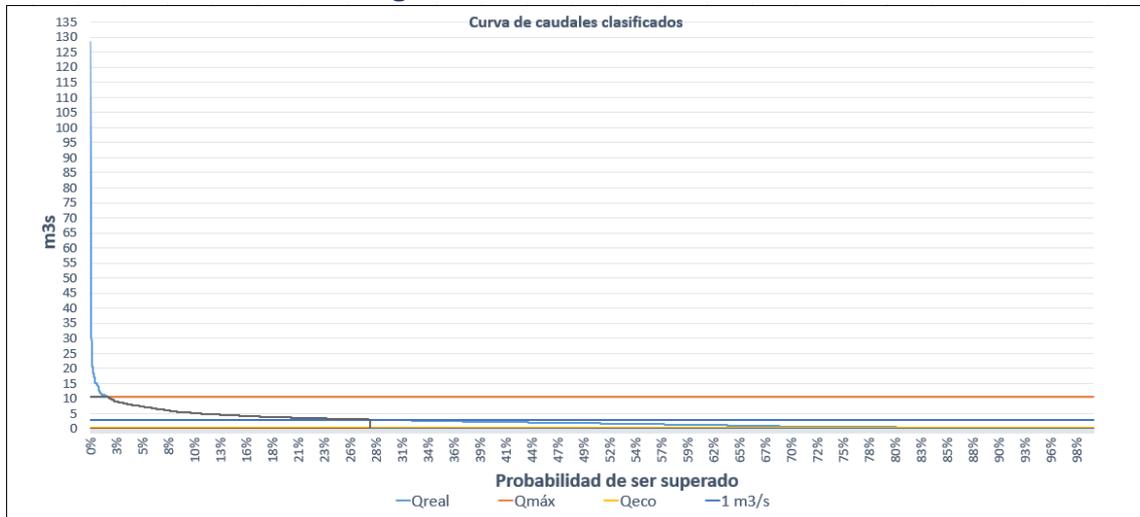
Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s

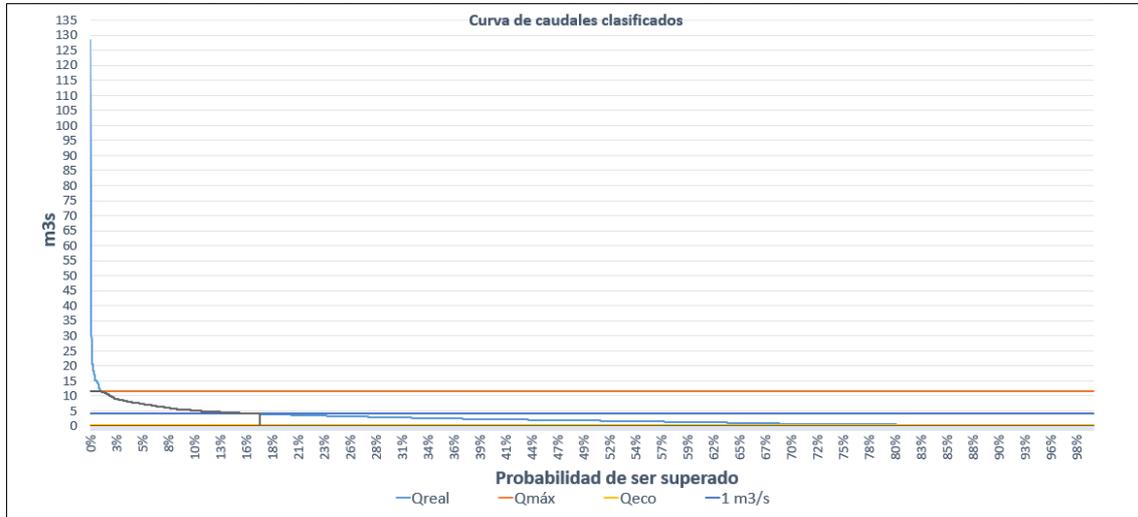


Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s





Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



Con un régimen natural en el río Mijares, es decir cuando circula por el río 4 m³/s es la situación más desfavorable para la central, pero posiblemente más beneficiosa para el río, cosa que se comprobará observando el hábitat potencial útil de las especies objetivo en cada tramo de río.

10.3 Cálculo de la potencia

Una vez se ha obtenido el régimen de caudales turbinables, para cada uno se calcula la potencia media diaria que se ha producido, mediante la fórmula

$$Pe(kW) = 9,81 * \eta_t * \eta_g * \eta_m * Q * H$$

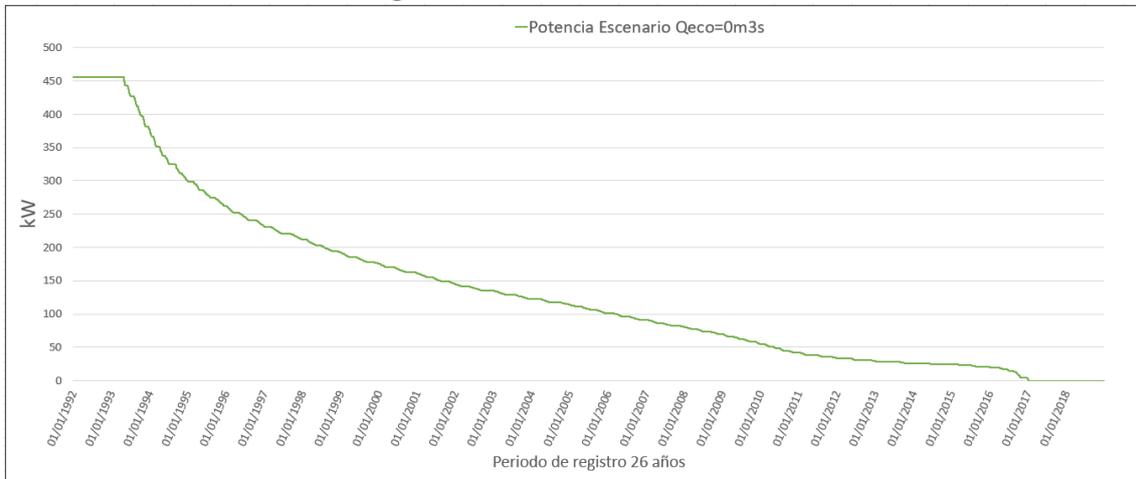
Que nos permite obtener los kW medios diarios estadísticos que se ven reflejados en las siguientes figuras para cada escenario evaluado:



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

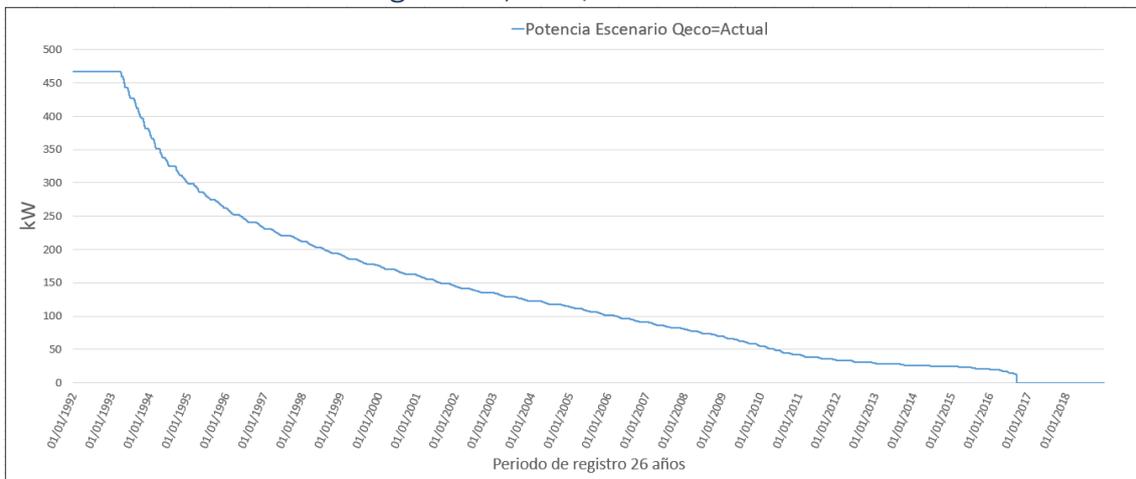


Escenario 1: Caudal ecológico= 0 m³/s



En el primer escenario el régimen turbinable es el máximo, el caudal máximo es de 8 m³/s y el mínimo de 8 m³/s, luego en el análisis estadístico el aprovechamiento es máximo.

Escenario 2: Caudal ecológico = 0,2 m³/s



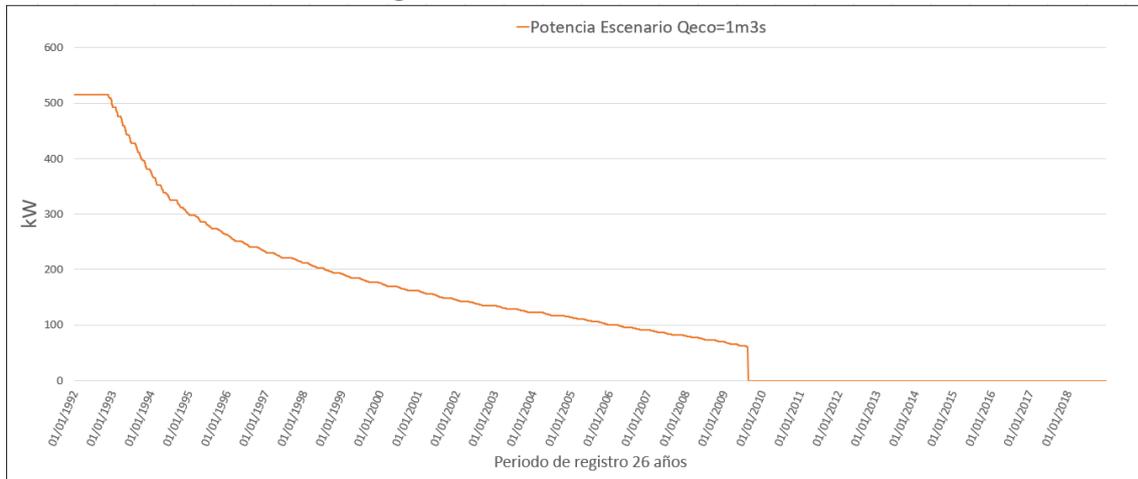
Como se puede ir observando en cada escenario la potencia generada se reduce al reducir el régimen de caudales turbinables. En este caso, donde el caudal ecológico es de 0,95 m³/s vemos como la producción termina cuando hay un caudal mínimo que mantener en el río y por tanto la central no lo puede aprovechar para generar energía.



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

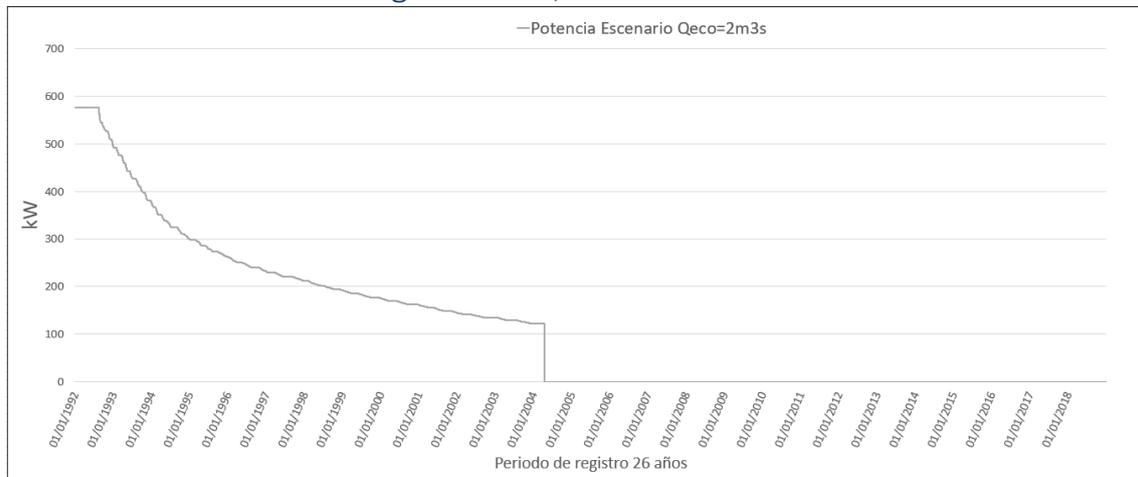


Escenario 3: Caudal ecológico = 1 m³/s



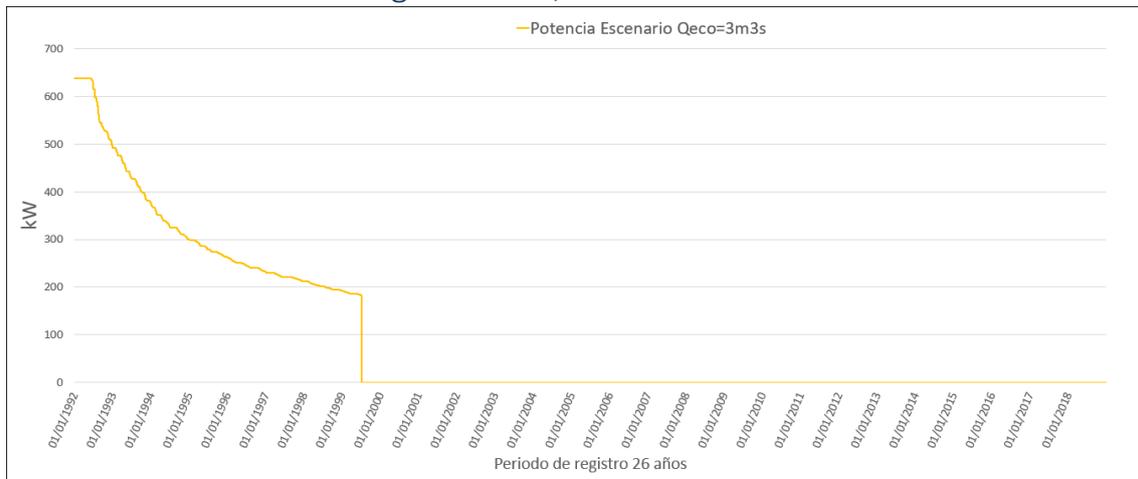
De la misma forma que en el escenario 3, al limitar el régimen turbinable por encima de 1 m³/s reducimos la producción como se puede apreciar en la figura 84.

Escenario 4: Caudal ecológico= 2 m³/s



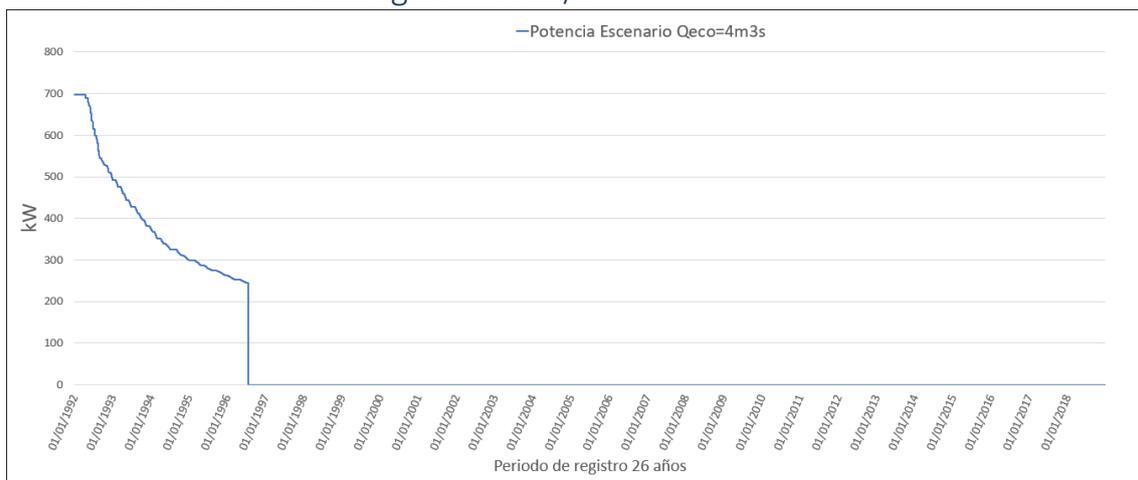
De la misma forma que en los escenarios anteriores, al aumentar el caudal ecológico a 2 m³/s se reducirá el factor de uso al 24%.

Escenario 5: Caudal ecológico= 3 m³/s



En la línea de los escenarios interiores, en este caso se reduce el factor de uso al 19% al aumentar el caudal ecológico a 3 m³/s.

Escenario 6: Caudal ecológico = 4 m³/s



En el caso del régimen natural se presenta el caso más drástico para la central con la máxima reducción de la potencia instantánea media diaria.

10.4 Cálculo de la producción de energía

Una vez obtenida la potencia media diaria de cada escenario el objetivo es el de hallar los GWh/año, para ello se considera la hipótesis de que la central turbine las 24 horas al día, por lo que habrá que el proceso de cálculo constará de:

- 1) Se suma de todas las potencias diarias de cada escenario, resultado en kW
- 2) Se multiplica por 24h para obtener la producción energética de los 26 años, resultado en kWh
- 3) Se divide entre 26 años para obtener la máxima producción energética media anual.



ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1



Se divide entre 1000 para convertir el resultado a la unidad de GWh/año

10.5 Energía media anual

En la siguiente tabla se muestran la producción eléctrica según el caudal ecológico propuesto en cada escenario.

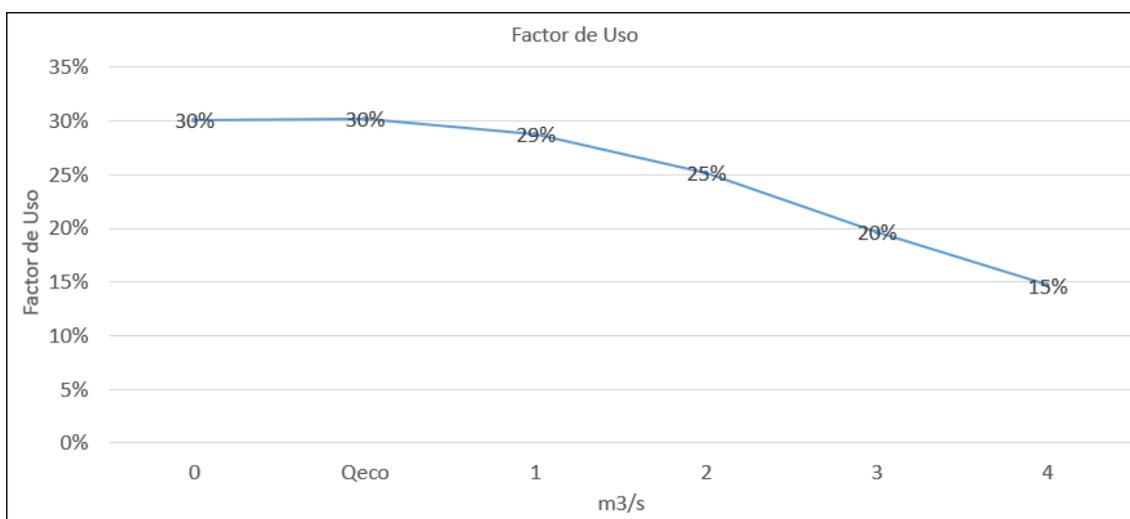
Escenarios de Qeco (m^3/s)	GWh/año
0	1,24
0,2	1,24
1	1,19
2	1,04
3	0,81
4	0,61

10.6 Factor de uso

El factor de uso de esta central, la cual tiene una potencia instalada de 0,47 MW y por tanto la energía máxima producible es, por tanto:

$$E = 0,47 \text{ MW} * 8760 \text{ h/año} * \frac{1}{1000} \text{ GW/MW} = 4,13 \text{ GWh/año}$$

Es en cada escenario la división entre la energía generada y el máximo posible, siendo los resultados mostrados en la siguiente figura:





ADECUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DE LAS CENTRALES
HIDROELÉCTRICAS AL CUMPLIMIENTO DE LOS CAUDALES
ECOLÓGICOS EN EL RÍO MIJARES. ANEJO 1

