

Capítulo 4.

Conclusiones

4.1. Análisis conclusivo.

A lo largo de este trabajo se han simulado diferentes situaciones en el sistema eléctrico considerado y se han obtenido resultados de forma individual para cada uno de los casos. En este apartado se van a poner en común y se van a comparar los distintos escenarios entre sí, extrayéndose a posteriori algunas conclusiones que resumirán de forma clara los resultados ya mostrados.

Tabla 4.1. Resultados con energía eólica constante. Caso 1.

CASO 1	Descripción de la situación (1)	Valor de la función objetivo
1.1	80% energía base 20% energía eólica 3% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica	NO TIENE SOLUCIÓN
1.2	80% energía base 20% energía eólica 3% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica y de base.	94.90 M€
1.3	50% energía base 50% energía eólica 3% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica	100.14 M€
1.4	65% energía base, 35% energía eólica, 3% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica	NO TIENE SOLUCIÓN
1.5	50% energía base 50% energía eólica 6% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica	99.19 M€
1.6	80% energía base 20% energía eólica 6% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica y de base	93.95 M€€

(1) Todos los porcentajes que aparecen en la Tabla 4.1 y Tabla 4.2 están referidos a la media de la energía demandada en un día.

Las Tabla 4.1 y Tabla 4.2 muestran los valores que toma la función objetivo tras la simulación de cada una de las situaciones. El valor de la función objetivo representa el coste total de generación de energía para cubrir la demanda de los dos días en cada caso. Por ello, este valor es de gran importancia, ya que permite comparar los diferentes casos pudiendo observarse qué situación es más rentable y cuál es la más penalizada económicamente.

Tabla 4.2. Resultados con energía eólica en función de la velocidad del viento. Caso 2.

	CASO 2	Descripción de la situación (1)	Valor de la función objetivo
Enero (Invierno en España)	2.1	80% energía base, 3% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica	NO TIENE SOLUCIÓN
	2.2	83% energía base 3% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica y de base.	96.83 M€
	2.3	80% energía base 6% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica y de base	95.66 M€
Junio (Verano en España)	2.4	80% energía base 3% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica y de base.	NO TIENE SOLUCIÓN
	2.5	65% energía base 3% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica y de base.	104.38 M€
	2.6	80% energía base 6% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica y de base.(la capacidad de interconexión habría que llevarla al 14%)	103.35 M€
	2.7	65% energía base 6% interconexión y bombeo dependiente de la energía eólica y de base.	93.36 M€

El Caso 1.1 de la Tabla 4.1 que muestra un NO TIENE SOLUCIÓN es el caso en el cual no se llega a bombear toda la energía que se debería debido a que se impone un límite en el bombeo, de forma indirecta, al poder sólo bombear el exceso de energía eólica y ésta está fijada por un porcentaje de la media de la energía demandada. Por ello, el Caso 1.2, con los mismos datos de entrada que el Caso 1.1 exceptuando la disponibilidad de energía para el bombeo, que se amplía con el excedente de energía de base, sí tiene solución.

En el Caso 2.1 de la Tabla 4.2 aparece un NO TIENE SOLUCIÓN debido a lo mismo que el Caso 1.1, pero con la diferencia, que ahora ocurre hora a hora. Es decir, se impone un límite indirecto que varía por horas según la energía eólica que haya en cada periodo.

El Caso 2.4 no tiene solución debido a que se alcanza el límite de almacenamiento, ya que los periodos de menor demanda coincide con los periodos de mayor producción eólica y, por tanto, periodos de exceso de energía, es por ello por lo que se toman dos posibles decisiones, aumentar la interconexión o disminuir el porcentaje de la energía base.

Comparando los resultados de la Tabla 4.1, donde se muestran los casos más simplificados, con los resultados de la Tabla 4.2, se concluye que los valores que toma la función objetivo son del mismo orden de magnitud en los casos que tienen las mismas condiciones, queriendo decir esto, que son unos resultados válidos para obtener una primera aproximación a la solución óptima exacta del problema los resultados del Caso 1.

La primera conclusión que se extrae de manera clara es que siempre sale más rentable la solución con aumento de la capacidad de interconexión exterior, tanto en los casos con energía eólica constante como en los que ésta varía en función de la velocidad del viento. La mejora de la interconexión no sólo favorece el sistema de forma económica, sino que también hace que el sistema sea más fiable, más seguro y más robusto.

Otra observación que se puede hacer de la Tabla 4.2 es que el régimen de funcionamiento en verano y en invierno tienen que ser diferentes, es decir, en Junio (invierno en Chile) es cuando existe un mayor número de horas en los que los aerogeneradores trabajan a potencia nominal, el porcentaje de energía base debe disminuirse para optimizar al máximo el problema y utilizar el máximo número de horas energía renovable. Por contrario, en Enero (verano en Chile), la velocidad del viento tiene variaciones menos bruscas y la potencia que ceden los aerogeneradores no es ni tan constante ni tan elevada como en el caso anterior, lo conveniente en este caso (verano en Chile) es tener una energía de base que abarque un alto porcentaje de la demanda.

Otra conclusión que se extrae de las tablas de resultados de los apartados anteriores es que con un depósito que tenga una capacidad de almacenamiento de unos 60GWh se puede gestionar de manera óptima el sistema eléctrico, siempre y cuando las interconexiones se mejoren hasta un 3% de su capacidad. Si esto no ocurriera la capacidad de almacenamiento aumenta, según los casos, hasta llegar a multiplicarse por tres.

4.2 Conclusiones

El estudio desarrollado en este trabajo permite obtener a través de un proceso iterativo la solución más económica y viable mediante la utilización de un programa informático de optimización, GAMS, en situaciones dispares.

A través de GAMS se pueden resolver problemas lineales o no lineales con un previo modelado donde se incluye la función objetivo a optimizar y las restricciones con las cuales se modela el sistema.

La solución obtenida es la óptima en el ámbito económico, ya que, para este proyecto la función objetivo trata la minimización de los costes.

A lo largo del proyecto se han presentado distintos casos para simular diferentes situaciones en el sistema. Estos casos se dividen en dos grandes grupos, uno en el cual la energía eólica se considera constante en función de un porcentaje de la media de la demanda y otro en el que la energía eólica está en función de la velocidad del viento.

Para terminar podemos concluir que los objetivos propuestos en la realización de este proyecto han sido alcanzados de manera exitosa. Ya que se ha modelado el problema y se ha llevado a un programa de optimización pudiendo simular en él diferentes escenarios. Extrayéndose los resultados de cada simulación y siendo representados en forma tabular y en forma gráfica para su mejor comprensión.

4.3 Perspectivas futuras

Como perspectivas futuras se pueden incluir en este trabajo la implementación de un mayor número de restricciones que definan con mayor precisión el funcionamiento del sistema eléctrico, considerando los costes variables, límites en la generación, tratamiento del sistema con pérdidas eléctricas e hidráulicas, entre otras, y tener una versión de GAMS o de otro programa de optimización más potente con el cual se puedan incluir un mayor número de variables para poder simular durante varios días consecutivos la evolución del sistema.

Además del desarrollo de alguna aplicación informática de alto nivel que incluya la extracción gráfica de los resultados de forma directa.