



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS DE BALANCE
EN LOS DISTINTOS MERCADOS
INTERNACIONALES

Autor: José Ignacio Cabanelas Estévez

Director: Julián Simón Garrido

Co-Director: Clara Fernández-Aceytuno Marugán

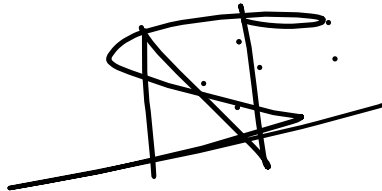
Madrid

Agosto de 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título *Análisis de los servicios de balance en distintos mercados internacionales* en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2021/2022 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: José Ignacio Cabanelas Estévez

Fecha: 29/08/2022

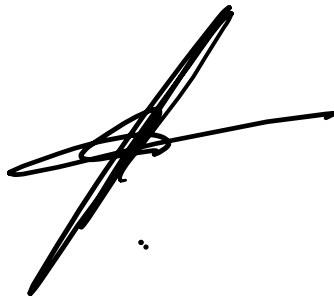


Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Julián Simón Garrido

Fecha: 29/08/2022





COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS DE BALANCE
EN LOS DISTINTOS MERCADOS
INTERNACIONALES

Autor: José Ignacio Cabanelas Estévez

Director: Julián Simón Garrido

Co-Director: Clara Fernández-Aceytuno Marugán

Madrid

Agosto de 2022

Resumen ejecutivo

I. Estado del arte

Los servicios de balance son importantes en el sistema eléctrico de un país para mantener el equilibrio entre generación y demanda y, por tanto, conseguir las condiciones adecuadas de seguridad, calidad y fiabilidad. Por otro lado, la incertidumbre energética vivida a raíz de la guerra entre Ucrania y Rusia, unida a una previsible crisis económica a finales de 2022, ha puesto de relieve la necesidad de crear elementos comunes en los diferentes mercados eléctricos europeos.

En este contexto, se ha acelerado, en la medida de lo posible, la puesta en marcha de las plataformas Picasso y Mari, las cuales siguen las directrices marcadas por el Reglamento (UE) 2017/2195 de la Comisión Europea, de 23 de noviembre de 2017, por el que se establecen las directrices para el balance del sistema eléctrico a nivel europeo.

Resulta de interés, por tanto, un renovado análisis de los diferentes sistemas eléctricos de algunos de los principales países europeos en el momento actual, para compararlos y analizar sus diferencias y similitudes, de cara al encaje en estas plataformas globales.

II. Metodología

El presente estudio tratará, pues, del análisis de los sistemas de balance de España, Portugal, Alemania e Italia. Los principales puntos a analizar en detalle en cada una de estas tres dimensiones son:

- **Introducción al mercado eléctrico de cada país:** se introducirá una breve explicación histórica de la liberalización de cada sistema eléctrico, con el objetivo de entender el contexto del mercado eléctrico de cada país y hacer más sencilla un entendimiento posterior de los sistemas de balance sobre él.
- **Análisis cualitativo:** se analizarán las principales características de los sistemas de balance de cada país.
- **Análisis cuantitativo:** se analizarán aquellas variables que son más características a la hora de estudiar la importancia que puede tener un servicio de balance en un país: número de convocatorias de ese mercado, precio y spread respecto al mercado diario, cantidad negociada (de potencia, MW, en el caso de banda; de energía, MWh, en el resto) y liquidez.

En el caso de la introducción al mercado eléctrico y el análisis cualitativo, se detallará más profundamente el estudio de estos puntos para el caso del mercado español, de modo que sirva, paralelamente, como introducción en este estudio del concepto de sistemas de

ajuste, el concepto de sistemas de balance y la interacción que tienen con el resto de elementos que componen el mercado eléctrico.

III. Conclusiones

Una vez estudiados los servicios de balance en los países dentro del alcance, se procede a exponer las diferentes conclusiones que se extraen de este análisis:

1.- Análisis cualitativo - similitudes y diferencias respecto al acoplamiento en las plataformas Picasso y Mari

Los cuatro países formarán parte de las plataformas europeas Picasso (para regulación secundaria) y Mari (para regulación terciaria). En el caso de Alemania e Italia, necesitarán **adaptar sus mercados *pay-as-bid***, ya que los mercados europeos, una vez unificados, serán marginalistas. Además, **todos los países deberán adaptar la periodicidad de las convocatorias en estos mercados**. España, Portugal e Italia pasarán de ventanas horarias a cuarto-horarias, mientras que Alemania pasará de bloques de 4 horas a los mismos bloques de 15 minutos.

Por último, cabe destacar que la unificación de estos mercados vendrá acompañada de una **mayor seguridad del suministro energético, un aumento de competitividad y una mayor liquidez en los mercados**, lo que debería conllevar a una reducción de costes y el abaratamiento del precio de la electricidad para los consumidores.

2.- Análisis cuantitativo – resumen de conclusiones

Las principales conclusiones del análisis cuantitativo del estudio de los servicios de regulación secundaria y terciaria en España, Portugal y Alemania son:

1. De entre los tres países analizados, **el más atractivo, desde el punto de vista de la producción, es Alemania**: para ambos servicios de balance (secundaria y terciaria), es el país con **mayor spread y mayor liquidez**.
2. En Portugal, **el peso de la energía de regulación terciaria es más grande que la de secundaria, en comparación con España**. Mientras en España la liquidez total de regulación secundaria supone un 82% de la terciaria, en Portugal supone un 12%. Además, la cantidad total de energía de regulación secundaria negociada en España supone un 82% del total de la terciaria. Por el contrario, en Portugal este porcentaje se reduce a un 15%.
3. En el caso de Alemania, la **liquidez** entre estos mercados es **similar**, habiendo un **mayor spread en terciaria**, pero teniendo una **mayor cantidad de energía negociada** el mercado de **secundaria**. Esto significa que será más atractivo para las centrales de producción mayores el mercado de secundaria (más oportunidad

de casar una cantidad de energía más grande), pero será más interesante para ellas el mercado de regulación terciaria desde un punto de vista de rentabilidad.

Executive summary

I. State of the art

Balancing services are important in a country's electricity system to maintain the balance between generation and demand and, therefore, to achieve the right conditions of safety, quality and reliability. On the other hand, the energetic uncertainty as a result of the war between Ukraine and Russia, coupled with a foreseeable economic crisis at the end of 2022, has highlighted the need to other common elements in the different European electricity markets.

In this context, the implementation of the Picasso and Mari platforms, which follow the guidelines set by the European Commission Regulation (EU) 2017/2195 of November 23, 2017, laying down guidelines for the balancing of the electricity system at European level, has been accelerated as far as possible.

Therefore, a renewed analysis of the different electricity services of some of the main European countries is pertinent, in order to compare them and analyze their differences and similarities, regarding to the future combination of these global platforms.

II. Methodology

This study will analyze the balancing services in Spain, Portugal, Germany and Italy. The main points to be analyzed in each of these three dimensions are:

- Introduction to the electricity market of each country: a brief historical explanation of the liberalization of each electricity system will be introduced, with the aim of understanding the context of the electricity market in each country and making a subsequent understanding of the balancing services.
- Qualitative analysis: the main characteristics of the balancing services of each country will be analyzed.
- Quantitative analysis: those variables that are most characteristic when studying the importance that a balancing service may have in a country will be analyzed: number of calls of that market, price and spread with respect to the daily market, amount traded (of power, MW, in the case of band; of energy, MWh, in the rest) and liquidity.

In the case of the introduction to the electricity market and the qualitative analysis, the study of these points for the case of the Spanish market will be studied in more detail, so that it serves, in parallel, as an introduction in this study of the concept of adjustment services, the concept of balancing services and the interaction they have with the rest of the elements that make up the electricity market.

III. Conclusions

Once the main characteristics of the balancing services of the studied countries have been analyzed, the different conclusions of this study will be next shown:

1.- Qualitative analysis – similarities and differences with respect to the coupling on the Picasso and Mari platforms

The four countries will be part of the European platforms Picasso (for secondary regulation) and Mari (for tertiary regulation). In the case of Germany and Italy, they will need to **adapt their pay-as-bid markets**, as the European markets, once unified, Will be marginalist. In addition, **all countries the have to adapt the periodicity of the calls in these markets**. Spain, Portugal and Italy the move from hourly to quarter-hourly slots, while Germany the move from 4-hour blocks to the same 15-minute blocks.

Finally, it should be noted that the unification of these markets will be accompanied by **greater security of energy supply, increased competitiveness and greater liquidity in the markets**, which should lead to lower costs and lower electricity prices for consumers.

2.- Quantitative analysis – conclusions summary

The main conclusions of the quantitative analysis of the study of secondary and tertiary regulatory services in Spain, Portugal and Germany are the following:

1. The **most attractive country for both balancing services (secondary and tertiary)**, from the production point of view, is **Germany**: it is the country with the highest spread and the greatest liquidity.
2. In **Portugal, the wight of tertiary regulatory energy is greater than that of secondary, compared to Spain**. While in Spain, total liquidity of secondary regulatory services accounts for 82%of tertiary, in Portugal it accounts for 12%. Furthermore, the total amount of secondary regulation energy traded in Spain accounts for 82% of the total tertiary. On the other hand, in Portugal this percentage is reduced to 15%.
3. In **Germany**, the **liquidity** between these markets is **similar**, with a **higher spread in the tertiary market**, but with a **higher amount of energy traded in the secondary market**. This means that the secondary market is more attractive for the larger power plants (more opportunity to match a larger amount of energy), but the tertiary regulation market is more interesting for them from a profitability point of view.

Índice general

Índice de gráficos	14
Índice de tablas	16
Índice de ilustraciones	18
1. Estado del arte	20
2. Metodología y criterios a analizar	21
3. El sistema eléctrico español	23
4. El mercado eléctrico español	30
4.1. Introducción histórica y regulatoria al mercado eléctrico español.....	30
4.2. Funcionamiento del mercado eléctrico español.....	32
4.2.1. Mercados gestionados por OMIE: mercado diario y mercados intradiarios	33
4.2.2. Mercados gestionados por REE: servicios de ajuste del sistema	37
5. Análisis cuantitativo de los sistemas de balance en España	44
5.1. Regulación secundaria.....	44
5.2. Regulación terciaria	50
6. Análisis de los sistemas de balance en Portugal	54
6.1. Breve introducción al mercado eléctrico portugués	54
6.2. Descripción y análisis cualitativo de los sistemas de balance en Portugal	55
6.3. Análisis cuantitativo de los sistemas de balance en Portugal	57
6.3.1. Regulación secundaria (<i>Regulação secundaria</i>)	57
6.3.2. Regulación terciaria (<i>Regulação terciária</i>)	62
7. Análisis de los sistemas de balance en Alemania	65
7.1. Breve introducción al mercado eléctrico alemán	65
7.2. Descripción y análisis cualitativo de los sistemas de balance en Alemania	66
7.2.1. Regulación secundaria (<i>Sekundarreserve</i> o aFRR)	66
7.2.2. Regulación terciaria (<i>Minutenreserve</i> o mFRR)	69
5.2.1. Otros servicios de ajuste en Alemania: el <i>Redispatch</i>	70
7.3. Análisis cuantitativo de los sistemas de balance en Alemania	71
7.3.1. Regulación secundaria (aFRR o <i>Sekundarreserve</i>).....	71

7.3.2.	Regulación terciaria (mFRR o <i>Minutenreserve</i>)	78
8.	Análisis de los sistemas de balance en Italia	85
8.1.	Breve introducción al mercado eléctrico italiano	85
8.2.	Análisis cualitativo de los sistemas de balance en Italia	86
8.2.1.	Regulación secundaria (<i>riserva sincondaria</i>)	86
8.2.2.	Regulación terciaria (<i>riserva terziaria</i>)	87
9.	Proyectos europeos de unificación de regulación secundaria y terciaria	89
9.1.	Plataforma PICASSO (regulación secundaria)	89
9.2.	Plataforma MARI (regulación terciaria)	90
10.	Conclusiones	92
10.1.	Comparación cualitativa de los servicios de regulación secundaria y terciaria de los países analizados	92
10.1.1.	Regulación Secundaria	92
10.1.2.	Regulación Terciaria.....	95
10.2.	Comparación cuantitativa de los servicios de regulación secundaria y terciaria de los países analizados	98
10.2.1.	Regulación Secundaria	99
10.2.2.	Regulación Terciaria.....	102
10.3.	Conclusiones generales	105
	Bibliografía	110

Índice de gráficos

Gráfico 1: distribución de generación de energía eléctrica según los tipos de tecnología de generación (REE, 2022)	23
Gráfico 2: potencia instalada por tecnologías (REE, 2022)	24
Gráfico 3: Evolución de potencia instalada (MW) en España por tipos de tecnología, 2017-2022, (REE, 2022)	24
Gráfico 4: Evolución del consumo energético en España, 2000-2014 (ktep). (Costa, 2016) a partir de datos de MINETUR.	31
Gráfico 5: países bajo el algoritmo Euphemia y bajo el proyecto XBID (Iria, 2019).....	35
Gráfico 6: Curvas agregadas de oferta y demanda en el mercado diario. 03/01/2022. Hora 13. Fuente: OMIE	36
Gráfico 7: evolución interanual de precio de banda secundaria en España, 2015-2021.....	45
Gráfico 8: Porcentaje vs. SPOT Precio Banda Regulación Secundaria en España, 2015-2021....	45
Gráfico 9: evolución de spreads de regulación secundaria a subir y a bajar en España, 2015-2021.....	47
Gráfico 10: porcentaje vs. mercado diario del spread de energía de regulación secundaria en España, 2015-2021	47
Gráfico 11: evolución interanual de energía negociada de regulación secundaria a bajar y a subir en España, 2015-2021	49
Gráfico 12: evolución de spreads de regulación terciaria a subir y a bajar en España, 2015-2021	51
Gráfico 13: porcentaje vs. mercado diario del spread de energía de regulación terciaria en España, 2015-2021	51
Gráfico 14: energía negociada de regulación terciaria a subir y a bajar en España, 2015-2021	52
Gráfico 15: evolución interanual de precio de banda secundaria en Portugal, 2015-2021	58
Gráfico 16: medias anuales de precio y porcentaje respecto a mercado diario de banda secundaria en Portugal, 2015-2021	59
Gráfico 17: evolución de spreads de regulación secundaria a subir y a bajar en Portugal, 2015-2021.....	59
Gráfico 18: porcentaje vs. mercado diario del spread de energía de regulación secundaria en Portugal, 2015-2021.....	60
Gráfico 19: energía negociada de regulación secundaria a subir y a bajar en Portugal; 2015-2021.....	61
Gráfico 20: energía negociada de regulación secundaria a subir y a bajar en Portugal, 2015-2021.....	63
Gráfico 21: precio mínimo, medio y marginal del mercado de banda secundaria a subir en Alemania, nov.2020-dic.2021	72
Gráfico 22: precio mínimo, medio y marginal del mercado de banda secundaria a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021	73
Gráfico 23: comparación de precio medio de banda secundaria a subir y a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021.....	73
Gráfico 24: spreads mínimo, medio y marginal de la energía del mercado de trabajo de regulación secundaria a subir en Alemania, nov.2020-dic.2021	74

Gráfico 25: spreads mínimo, medio y marginal de la energía del mercado de trabajo de regulación secundaria a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021	75
Gráfico 26: comparación de spreads medio de energía de mercado de trabajo de regulación secundaria a subir y a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021.....	75
Gráfico 27: comparación interanual de cantidad negociada de banda secundaria a subir y a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021	76
Gráfico 28: comparación de cantidad de energía negociada en el mercado de trabajo de regulación secundaria a subir y a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021.....	77
Gráfico 29: medias mensuales de precio mínimo, medio y marginal del mercado de banda terciaria a subir en Alemania, nov.2020-dic.2021	79
Gráfico 30: medias mensuales de precio mínimo, medio y marginal del mercado de banda terciaria a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021	79
Gráfico 31: comparación de precio medio de energía de mercado de trabajo de regulación terciaria a subir y a bajar en Alemania, nov-2020-dic.2021.....	80
Gráfico 32: spreads mínimo, medio y marginal de la energía del mercado de trabajo de regulación terciaria a subir en Alemania, nov.2020-dic.2021.....	81
Gráfico 33: spreads mínimo, medio y marginal de la energía del mercado de trabajo de regulación terciaria a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021	81
Gráfico 34: comparación spreads medios energía mercado de trabajo de terciaria a subir y a bajar en Alemania, nov-2020-dic.2021	82
Gráfico 35: cantidad negociada banda terciaria a subir y a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021	83
Gráfico 36: comparación de cantidad de energía negociada en el mercado de trabajo de regulación terciaria a subir y a bajar en Alemania, nov-2020-dic.2021.....	83
Gráfico 37: comparativa de precios de regulación secundaria en España, Portugal y Alemania, 2021.....	100
Gráfico 38: comparativa de spreads de regulación secundaria en España, Portugal y Alemania, 2021.....	100
Gráfico 39: comparación de cantidades negociadas en regulación secundaria en España, Portugal y Alemania, 2021	101
Gráfico 40: comparación de precios de regulación terciaria en España, Portugal y Alemania	102
Gráfico 41: comparación de spreads de regulación terciaria en España, Portugal y Alemania, 2021.....	103
Gráfico 42: comparación de cantidades negociadas en regulación terciaria en España, Portugal y Alemania, 2021.....	104
Gráfico 431: comparación de spreads de regulación secundaria en España, Portugal y Alemania, 2021.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 44: comparación liquidez secundaria España y Portugal, 2021	106
Gráfico 45: comparación liquidez terciaria España y Portugal, 2021	107
Gráfico 46: comparación energía negociada de secundaria España y Portugal, 2021	107
Gráfico 47: comparación energía negociada de terciaria España y Portugal, 2021	107

Índice de tablas

Tabla 1: Instalaciones de la red de transporte en España (diciembre 2021). Fuente: (Costa, 2016) a partir de datos de MINETUR.....	25
Tabla 2: sesiones del mercado intradiario en España. Fuente: OMIE. (*): día anterior al despacho	36
Tabla 3: convocatorias banda secundaria en España, 2015-2021	44
Tabla 4: convocatorias de energía de regulación secundaria en España, 2015-2021	44
Tabla 5: medias anuales de precio y porcentaje respecto a mercado diario de banda secundaria en España, 2015-2021	46
Tabla 6: spread, en precio (€/MWh) y porcentaje respecto al mercado diario, de las energías de regulación secundaria a bajar y a subir en España, 2015-2021	48
Tabla 7: porcentaje de energía de regulación secundaria a subir y a bajar sobre asignación de banda en España, 2015-2021	49
Tabla 8: liquidez del mercado de regulación secundaria en España, 2015-2021	50
Tabla 9: número de convocatorias del mercado de energía terciaria en España, 2015-2021	50
Tabla 10: spread en €/MWh y en porcentaje respecto a mercado diario de energía de regulación terciaria en España, 2015-2021.....	52
Tabla 11: liquidez del mercado de regulación terciaria en España, 2015-2021	53
Tabla 12: spread en €/MWh y en porcentaje respecto a mercado diario de energía de regulación secundaria en Portugal, 2015-2021.....	60
Tabla 13: porcentaje de energía de regulación secundaria a subir y a bajar sobre asignación de banda en Portugal, 2015-2021	61
Tabla 14: liquidez del mercado de regulación secundaria en Portugal, 2015-2021	62
Tabla 15: número de convocatorias del mercado de energía terciaria en Portugal, 2015-2021	62
Tabla 16: comparativa de los spreads de energía terciaria en Portugal y en España, 2015-2021.....	63
Tabla 17: liquidez del mercado de regulación terciaria en Portugal, 2015-2021	64
Tabla 18: convocatorias anuales de regulación secundaria en Alemania, nov.2020-dic.2021	71
Tabla 19: comparación precios medios de banda secundaria y terciaria en Alemania, 2021	80
Tabla 20: comparación cualitativa de la regulación secundaria en España, Portugal, Alemania e Italia.....	93
Tabla 21: comparación cualitativa de la regulación secundaria en España, Portugal, Alemania e Italia.....	96
Tabla 22: resumen del análisis cuantitativo de los sistemas de balance en España	98

Tabla 23: resumen del análisis cuantitativo de los sistemas de balance en Portugal	99
Tabla 24: resumen de análisis cuantitativo de la regulación secundaria y terciaria en Alemania.....	99
Tabla 25: comparación de la liquidez de la energía secundaria en España, Portugal y Alemania (M€)	102
Tabla 26: comparación de la liquidez de la energía terciaria en España, Portugal y Alemania (M€), 2021	104

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Distribuidoras por zonas geográficas en España (Alcanzia, 2018).....	27
Ilustración 2: Evolución de la cuota de energía suministrada por comercializadora (2016-2020). (Barrero, 2021) a partir de datos de CNMC	29
Ilustración 4: Horizonte de aplicación de los diferentes mercados del sistema eléctrico español. Fuente: REE, elaboración propia	33
Ilustración 5: tiempo de activación de reservas de los sistemas de ajuste en España (AEQ Energía, 2018).....	40
Ilustración 6: procedimiento de habilitación para la regulación secundaria en España. Fuente: REE.....	43
Ilustración 7: ofertas de las horas 00:00-4:00 de banda de regulación secundaria (con ratio 150% subir/bajar) del 24 de junio de 2022 (REN, 2022).....	56
Ilustración 8: distribución geográfica de los cuatro TSO alemanes (ICEX, 2019)	66
Ilustración 9: esquema del proceso de habilitación de aFRR en Alemania (Regelleistung, 2018)	67
Ilustración 10: zonas de regulación en Italia (TERNNA, 2018)	86
Ilustración 11: países miembro de la plataforma PICASSO con sus respectivos TSO (ENTSOE, 2019)	90
Ilustración 12: países miembro de la plataforma MARI con sus respectivos TSO (ENTSOE, 2017)	91

1. Estado del arte

El sistema eléctrico de cualquier país necesita un equilibrio constante entre la electricidad que es producida y aquella que es demandada. Si se consigue este equilibrio, la electricidad se puede entregar en condiciones de seguridad, calidad y fiabilidad.

Los servicios de balance tienen como objetivo este balance. Son los encargados de proveer al sistema de una reserva, tanto a subir como a bajar, para que, en caso de desequilibrio, se pueda requerir a los agentes habilitados aumentar o disminuir la producción entregada en cada momento, y así mantener la simetría entre generación y demanda. Es por ello que estos servicios son de vital importancia para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico de un país.

Por otro lado, la incertidumbre vivida respecto al suministro energético en Europa a raíz de la guerra entre Ucrania y Rusia, unida a una previsible crisis económica a finales de 2022, ha puesto de relieve la necesidad de crear elementos comunes en los diferentes mercados eléctricos europeos.

En este contexto, se ha acelerado, en la medida de lo posible, la puesta en marcha de las plataformas Picasso y Mari, las cuales siguen las directrices marcadas por el Reglamento (UE) 2017/2195 de la Comisión Europea, de 23 de noviembre de 2017, por el que se establecen las directrices para el balance del sistema eléctrico a nivel europeo.

Resulta de interés, por tanto, un renovado análisis de los diferentes sistemas eléctricos de algunos de los principales países europeos, para compararlos y analizar sus diferencias y similitudes, de cara al encaje en estas plataformas globales. Resulta también de interés, en este punto, analizar la dimensión y el atractivo, desde el punto de vista de la generación, de estos mercados en el momento actual.

Por tanto, el objetivo de este trabajo será el estudio de los servicios de balance en varios de los países europeos que participarán de estos proyectos comunes (España, Portugal, Alemania e Italia), desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo, para luego proceder a realizar una comparación sobre los puntos analizados del mismo servicio en los diferentes países, y tratar de identificar similitudes, diferencias u oportunidades en el estudio realizado para los diferentes agentes que participan en estos servicios.

2. Metodología y criterios a analizar

El presente estudio tratará, pues, del análisis de los sistemas de balance de España, Portugal, Alemania e Italia. Los principales puntos a analizar en detalle en cada una de estas tres dimensiones son:

- **Introducción al mercado eléctrico de cada país:** se introducirá una breve explicación histórica de la liberalización de cada sistema eléctrico, con el objetivo de entender el contexto del mercado eléctrico de cada país y hacer más sencilla un entendimiento posterior de los sistemas de balance sobre él.
- **Análisis cualitativo:** se analizarán las principales características de los sistemas de balance de cada país. En concreto:
 - Tecnologías que pueden prestar el servicio: es relevante conocer qué tipo de tecnologías están habilitadas para poder entregar ese servicio en cada país.
 - Marginalista/*pay-as-bid*: es estudiará el tipo de retribución del servicio, si es marginalista (todas las ofertas casadas son retribuidas al precio de la última oferta aceptada) o *pay-as-bid* (en caso de casar, se retribuyen los servicios prestados al precio de la oferta presentada)
 - Periodicidad de convocatoria: es importante conocer si el servicio estudiado se convoca, por ejemplo, cada 15 minutos, cada hora o cada 4 horas.
 - Oferta obligatoria/potestativa: es relevante saber si, una vez habilitada una planta para prestar un servicio, está obligada a presentar oferta todas las veces que se convoque el mercado o si, por el contrario, presentar esta oferta es potestativo.
 - Tipo de ofertas a presentar: si es simple (un valor y una cantidad por cada intervalo), o compleja (con características como rampa de subida y bajada específica o solo casar en caso de casar varias horas, por ejemplo).
 - Mínimo tamaño de oferta: en caso de presentar una oferta en un mercado determinado, es importante conocer en cada servicio o en cada país el tamaño mínimo que debe cumplir (ejemplo: 1 MW), para saber los países y servicios de balance en los que esta característica será más restrictiva.
- **Análisis cuantitativo:** se analizarán aquellas variables que son más características a la hora de estudiar la importancia que puede tener un servicio de balance en un país:
 - Número de convocatorias: el número de ventanas temporales en las que se convoca el servicio, en un año. Es relevante debido a que, para un agente, es interesante saber si un mercado se convoca con asiduidad, o si su

convocatoria es residual, de cara a poder realizar una posible estrategia con ese mercado. Se calculará como porcentaje sobre el total de 8.760 horas anuales.

- Precio y spread: precio unitario del servicio (de potencia en el caso de banda secundaria, €/MW; de energía en el resto de casos, €/MWh), y diferencia respecto al mercado diario en el caso de mercado de energía. Es relevante esta variable para poder estudiar la rentabilidad que puede aportar ese servicio para los agentes productores. Igualmente, se estudiará el porcentaje que supone ese spread respecto al precio del pool en ese mercado, siendo relevante esta métrica para relativizar la rentabilidad de ese mercado respecto a la dimensión de los precios del país estudiado. Se calcularán las medias mensuales con todos los datos en los intervalos en los que se convoque ese mercado.
- Cantidad negociada: será relevante analizar el volumen de potencia (MW) o energía (MWh) que se mueve en ese servicio de balance, como medida de dimensionamiento de ese mercado. Igualmente, se tomarán las cantidades negociadas de todos los intervalos temporales y se calcularán las medias mensuales para elaborar las gráficas a mostrar.
- Liquidez: se puede obtener, para cada hora, la liquidez de ese mercado multiplicando el spread respecto al mercado diario por la cantidad negociada. La liquidez será mayor cuanto mayor sean estos dos parámetros, y cuanto más se convoque ese mercado.

En el caso de la introducción al mercado eléctrico y el análisis cualitativo, se detallará más profundamente el estudio de estos puntos para el caso del mercado español, de modo que sirva, paralelamente, como introducción en este estudio del concepto de sistemas de ajuste, el concepto de sistemas de balance y la interacción que tienen con el resto de elementos que componen el mercado eléctrico.

3. El sistema eléctrico español

A modo de introducción al presente trabajo, se procede a explicar la estructura del sistema eléctrico español y sus peculiaridades.

El suministro de energía eléctrica se define como “la entrega de energía a través de las redes de transporte y distribución mediante contraprestación económica en las condiciones de regularidad y calidad que resulten exigibles” (MITECO, 2022). Este proceso de entrega se divide en cuatro actividades o bloques: generación, transporte, distribución y comercialización.

Generación

La generación de energía eléctrica consiste en la producción de energía eléctrica. Es una actividad liberalizada (no regulada), aunque hay ciertas barreras de entrada para algunas tecnologías (nuclear o gran hidráulica), y otras han conllevado primas durante algunos años (renovables).

Las diferentes tecnologías que pueden generar energía eléctrica incluyen, acorde con Red Eléctrica de España: eólica, nuclear, ciclo combinado, hidráulica, cogeneración, solar fotovoltaica, turbinación bombeo, carbón, hidroeléctrica, solar térmica, turbina de vapor, motores diésel, residuos renovables, residuos no renovables y otras renovables.

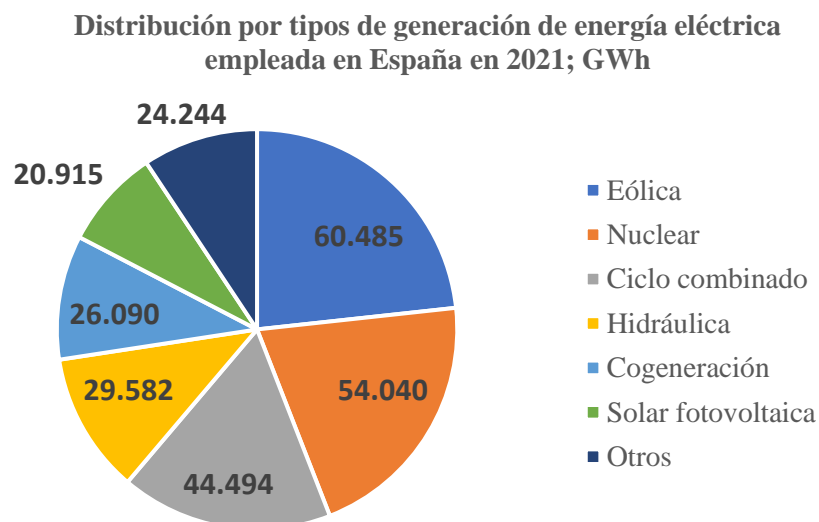


Gráfico 1: distribución de generación de energía eléctrica según los tipos de tecnología de generación (REE, 2022)

En cuanto a los tipos de energía más empleados para generación en España, se puede observar en el Gráfico 1 que la energía eólica, la nuclear y el ciclo combinado representan más de la mitad de la energía producida en 2021.

En cuanto a potencia instalada, la eólica sigue siendo la energía que más MW instalados tiene en España (REE, 2022). Sin embargo, la nuclear, segunda energía más utilizada en 2021 en generación ocupa el quinto puesto de MW por tipo de energía.

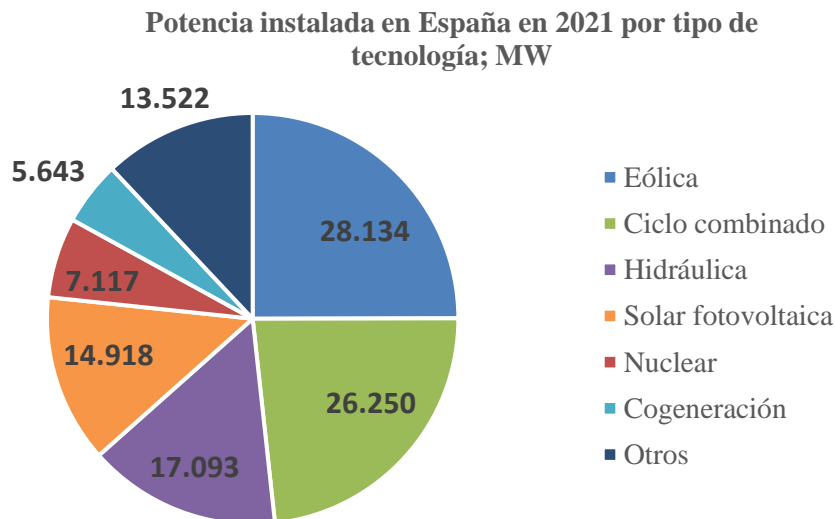


Gráfico 2: potencia instalada por tecnologías (REE, 2022)

Esta distribución varía a lo largo del tiempo. En el Gráfico 3 se puede observar la evolución desde enero de 2017 a enero de 2022 de la potencia instalada en España, desglosada por los diferentes tipos de tecnología disponible:

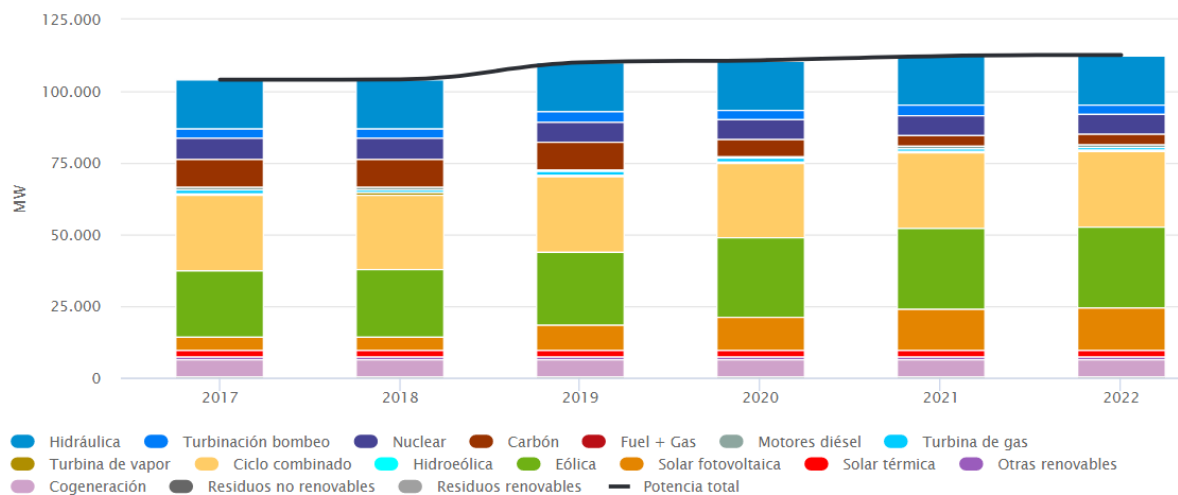


Gráfico 3: Evolución de potencia instalada (MW) en España por tipos de tecnología, 2017-2022, (REE, 2022)

Como se puede observar, la potencia instalada de la mayoría de tecnologías se ha mantenido estable (como son los casos de la nuclear, hidráulica o ciclo combinado). En el caso de las centrales de carbón, se han desmantelado el 62,5% de los MW instalados en 2017, fruto de la descarbonización del sector (REE, 2022). Este carbón se está

sustituyendo inversión en tecnologías renovables: energía eólica, con un incremento del 22%) pero, sobre todo, con solar fotovoltaica (incremento de 218%, pasando de 4.688MW instalados en 2017 a 14.918MW instalados en 2022). Entre las causas principales de este aumento se encuentran las políticas y marcos regulatorios favorables para su integración y su rentabilidad económica frente a otras formas de generación tradicionales.

Transporte

El transporte tiene por objeto la transmisión de energía eléctrica por la red de transporte, utilizada con el fin de los distintos sujetos y para la realización de intercambios internacionales.

Esta energía es transmitida por redes de muy alta tensión, existiendo red de transporte primario (mayor o igual a 380kV) y la red de transporte secundario (hasta 220kV).

La longitud de la red de transporte alcanza los 44.769km de líneas, además de contar con 6.224 posiciones de subestaciones y casi 94.000MVA de capacidad de transformación (Costa, 2016). En la siguiente tabla se puede observar la distribución de estos elementos según transporte primario o secundario (y, dentro de este último, el desglose entre la península y las islas):

	400 kV		≤ 220 kV			Total
	Península	Península	Baleares	Canarias		
Total líneas (km)	21.768	19.493	1.929	1.578	44.769	
Líneas aéreas (km)	21.651	18.702	1.141	1.237	42.731	
Cable submarino (km)	29	236	582	30	877	
Cable subterráneo (km)	88	556	206	311	1.161	
Subestaciones (posiciones)	1.591	3.287	693	653	6.224	
Transformación (MVA)	84.790	1.363	3.838	3.880	93.871	
Número de unidades	157	3	40	35	235	
Reactancias (MVA_r)	9.800	3.622	424	36	13.882	
Número de unidades	67	54	20	5	146	
Condensadores (MVA_r)	100	1.200	0	0	1.300	
Número de unidades	1	12	0	0	13	

Tabla 1: Instalaciones de la red de transporte en España (diciembre 2021). Fuente: (Costa, 2016) a partir de datos de MINETUR

Estos elementos forman en su conjunto una red mallada, con unos altos índices de calidad del servicio, y que cumple determinadas funciones:

- Garantizar la seguridad, fiabilidad y equilibrio del sistema eléctrico
- Mantenimiento de la frecuencia y la tensión en las diferentes partes de la red
- Minimización de pérdidas
- Tratar de optimizar los medios de producción en función de la demanda de cada momento

- Asegurar la transferencia de energía entre subestaciones de la red, pudiendo determinar el sentido del flujo de la energía en determinadas circunstancias

La Ley 17/2007 estableció que Red Eléctrica es el titular y gestor de la red de transporte, habiendo de presentar planes de inversión para no desviarse de la planificación que se realice sobre ella. Esta planificación se rige por criterios técnicos y económicos, los cuales están interconectados, y siguen las directrices de minimización de pérdidas y de costes para la red.

El transporte es, por tanto, una de las actividades reguladas del sistema eléctrico en España. Esto conlleva que las inversiones realizadas por el operador del sistema se financian con el dinero que éste recibe de los peajes de energía: precio regulado que paga el consumidor final en su factura de la luz, y que varía dependiendo de la tarifa que tenga contratada.

Distribución

Al igual que el transporte, la distribución es una actividad regulada, y tiene como objetivo la transmisión de energía eléctrica desde las redes de transporte, o en su caso, desde otras redes de distribución o desde la generación conectadas a la propia red de distribución, hasta los puntos de consumo u otras redes de distribución en las adecuadas condiciones de calidad con el fin último de suministrarla a los consumidores (MITECO, 2021)

Los elementos que dan forma física a la actividad de distribución son las instalaciones de distribución. Éstas son todas aquellas líneas, parques y elementos de transformación y otros elementos eléctricos de tensión inferior a 220 kV, salvo aquellas que, de acuerdo con lo previsto en el artículo 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, se consideren integradas en la red de transporte (en las Islas Baleares y las Islas Canarias tienen consideración de transporte las instalaciones de tensión igual o superior a 66 kV).

Al ser una actividad regulada, la empresa distribuidora que suministra la energía a cada al consumidor final no se elige. Para conocer qué empresa distribuidora es la que suministra energía a cada hogar o edificio, hay diferentes vías:

- **Zona geográfica:** cada una de las cinco grandes compañías eléctricas en España (Endesa, Iberdrola, Unión Fenosa, EDP y Viesgo) tienen asignada una parte del territorio nacional (Alcanzia, 2018). No obstante, hay más de 300 distribuidoras (CNMC publica un listado anual con todas ellas), por lo que el mapa solo aplica si se pertenece a una de las cinco grandes distribuidoras.



Ilustración 1: Distribuidoras por zonas geográficas en España (Alcanzia, 2018)

- **Número de CUPS:** código de 20 o 22 dígitos, único para cada punto de suministro. Para conocer la distribuidora, es necesario fijarse en los 6 primeros dígitos (ESXXXX).
- **Factura de la luz:** normalmente, aparece el dato de la distribuidora a la que se pertenece.

Actualmente, la norma que rige la retribución de la distribución en España es el Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología de cálculo de la retribución por esta actividad. Para ello, define de manera clara qué conceptos son retribuidos con cargo al sistema eléctrico, introduciendo herramientas que eviten la introducción de costes en el sistema eléctrico motivados por normativa de carácter no básico.

Según la normativa vigente, las principales funciones de los agentes distribuidores son las siguientes:

- Hacerse cargo de la construcción, mantenimiento y operación de las redes eléctricas que unen el transporte con el consumo
- Cumplir con los niveles requeridos de calidad del servicio
- Mantener informados a todos los agentes de las actualizaciones de los puntos de suministro
- Realizar mediciones de consumo de energía eléctrica

Comercialización

Los comercializadores de energía eléctrica son aquellas sociedades mercantiles, o sociedades cooperativas de consumidores y usuarios, que, accediendo a las redes de transporte o distribución, adquieren energía para su venta a los consumidores, a otros sujetos del sistema o para realizar operaciones de intercambio internacional en los términos establecidos en la ley (MITECO, 2021). Al igual que la generación, es una actividad liberalizada: cada uno de los consumidores finales puede elegir la comercializadora que desea contratar.

La compra de energía que realizan las empresas comercializadoras la llevan a cabo a través del Operador del Mercado Ibérico Español (OMIE), el cual realiza la gestión económica del mercado diario e intradiario de la producción de energía eléctrica en la Península Ibérica (más información del proceso del mercado diario e intradiario en el punto 2 del presente trabajo).

Hay dos tipos principales de comercializadoras en España:

- **Comercializadora de Referencia:** conocidas anteriormente como Comercializadoras de Último Recurso, están sometidas a vender la energía al consumidor final al precio regulado por el gobierno: el Precio Voluntario al Pequeño Consumidor (PVPC). En otras palabras, todas estas comercializadoras ofrecen la energía al mismo precio en un momento determinado, en base a la oferta y la demanda.
- **Comercializadora de Mercado Libre:** adquieren la energía en el mencionado OMIE, y compiten en el mercado ofreciendo a los consumidores diferentes tipos de ofertas fijas y variables.

Las cinco grandes compañías de electricidad son, al mismo tiempo, Comercializadoras de Referencia y Comercializadoras de Mercado Libre. Estas cinco empresas aglutinan más del 90% de la cuota del mercado de comercialización eléctrica (Barrero, 2021). Sin embargo, el creciente número de comercializadoras en España está reduciendo este porcentaje.

Evolución de la cuota de energía suministrada por comercializadora					
	2016	2017	2018	2019	2020
Evolución cuota energía suministrada por comercializadora (libre+COR). Segmento doméstico					
Endesa	38%	37%	36%	35%	35%
Iberdrola	35%	35%	35%	34%	34%
Naturgy	16%	16%	15%	15%	14%
EDP	4%	4%	4%	4%	4%
Viesgo-Repsol	2%	2%	2%	3%	3%
Otros	5%	6%	8%	9%	10%
HHI*	2.935	2.840	2.761	2.652	nd
Evolución cuota energía suministrada por comercializadora (libre+COR). Segmento Pyme					
Endesa	27%	25%	25%	25%	24%
Iberdrola	27%	26%	26%	25%	24%
Naturgy	17%	18%	14%	10%	10%
EDP	3%	2%	2%	2%	2%
Viesgo-Repsol	2%	2%	2%	2%	2%
Otros	24%	27%	31%	36%	38%
HHI*	1.804	1.692	1.545	1.418	nd
Evolución cuota de puntos de suministro por comercializadora (libre+COR). Segmento Industria					
Endesa	22%	21%	21%	22%	19%
Iberdrola	30%	33%	32%	33%	35%
Naturgy	15%	16%	13%	9%	10%
EDP	9%	4%	4%	5%	4%
Viesgo	1%	2%	2%	2%	1%
Otros	23%	24%	27%	30%	31%
HHI*	1.745	1.746	1.552	1.532	nd

Fuente CNMC: Informe de supervisión del mercado minorista de electricidad.

Ilustración 2: Evolución de la cuota de energía suministrada por comercializadora (2016-2020). (Barrero, 2021) a partir de datos de CNMC

4. El mercado eléctrico español

4.1. Introducción histórica y regulatoria al mercado eléctrico español

La liberalización del mercado eléctrico se ha realizado de manera gradual en España desde el año 1997, con la promulgación de la Ley 54/1997 de 27 de noviembre del sector eléctrico. Esta ley fue consecuencia del imperativo de las autoridades europeas de liberalizar un sector que todavía no había experimentado la flexibilización de su marco regulatorio, como sí había ocurrido con otros como el de los hidrocarburos o el de las telecomunicaciones, a principios de la década de los 90. Sin embargo, las bases de esta liberalización se habían comenzado a establecer diez años antes, con la salida de Endesa a la bolsa de Nueva York en 1988 (Indexpert, 2022), haciendo más transparente la estructura de ingresos y costes del sector.

Antes de 1998, año en que entró en vigor esa ley a todos los efectos, el ministerio de Industria se encargaba de determinar la cantidad y el tipo de energía que se iba a consumir al año siguiente. Esta estimación se trasladaba en la fijación del precio de la energía, en la que se repercutía los costes de generación, distribución y transporte de las grandes empresas nacionales de electricidad.

Desde ese año, siguiendo las directrices comunitarias europeas, se diferencian las actividades del sector en competencia (generación y comercialización) de aquellas que seguirán regidas como monopolio natural (transporte y distribución). La competencia en dichos ámbitos del sector buscaba un mejor servicio para el consumidor final, tanto en términos de precio como de calidad del servicio.

Como efecto de este proceso, a partir de 2003 los ciudadanos españoles estaban ya habilitados para decidir la compañía eléctrica que contratar para garantizar el suministro en su hogar, eligiendo así la mejor tarifa y condiciones que se ajustasen a sus necesidades (Costa, 2016).

El siguiente hito dentro del proceso de liberalización tiene lugar con la publicación de la Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la anterior Ley 54/1997, para adaptarla en lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad. En esta ley se introduce el concepto de Tarifa de Último Recurso (TAR), para consumidores en baja tensión y con potencia contratada menor que 10kW, que equivaldría al precio máximo que podrían establecer las comercializadoras de último recurso a cambio de garantizar el suministro, de aplicación a aquellos clientes que no hubieren contratado una tarifa bajo el nuevo régimen eléctrico. Esto se tradujo en la aprobación del Real Decreto

485/2009, del 3 de abril, por el que se regula la puesta en marcha del suministro de último recurso en el sector de la energía eléctrica.

No obstante, en esa época surgen desequilibrios anuales entre ingresos y costes del sistema eléctrico, provocando la aparición de un déficit estructural. Las causas de este desequilibrio se encuentran en el crecimiento excesivo de determinadas partidas de costes por decisiones de política energética, sin que se garantizara su correlativo ingreso por parte del sistema (Costa, 2016). Todo ello agravado por la ausencia de crecimiento de la demanda eléctrica, fundamentalmente consecuencia de la crisis económica. La correlación entre esta caída en la demanda y la crisis se puede observar en el siguiente gráfico:

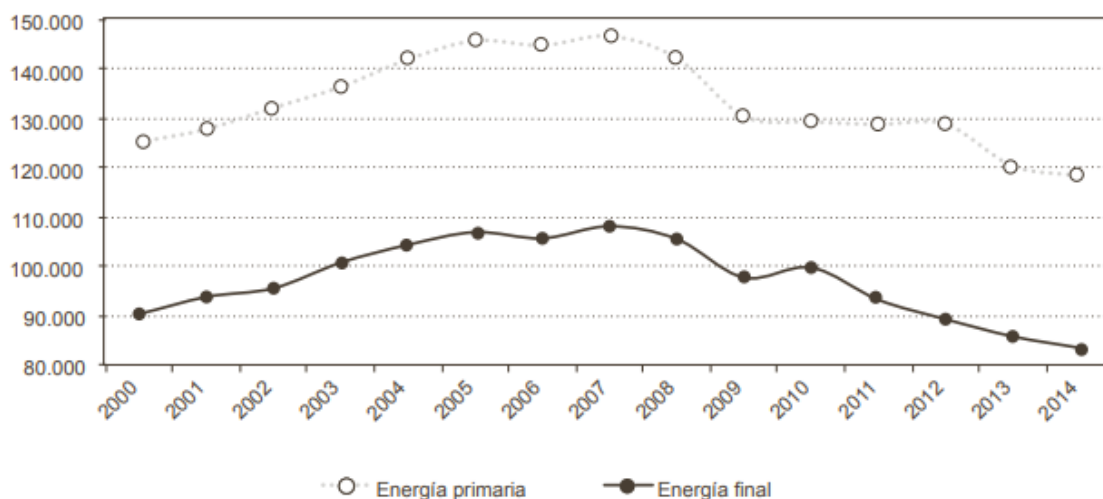


Gráfico 4: Evolución del consumo energético en España, 2000-2014 (ktep). (Costa, 2016) a partir de datos de MINETUR.

Dicha insostenibilidad económica del sistema eléctrico, junto a la continua evolución del sector desde 1997, llevó a adaptar en numerosas ocasiones la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico en el periodo 2010-2013, en muchas de ellas, mediante la aprobación de medidas urgentes por real decreto-ley, dando lugar a una dispersión normativa no deseable en un sector económico tan relevante.

Así, se optó por modificar, de nuevo, dicha ley, aprobando la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, En esta norma se mantiene la distinción entre las actividades reguladas y las no reguladas, ya recogida en la norma anterior, al tiempo que se impulsa la competencia efectiva en el sector, introduciendo, entre otras medidas, un aumento de la competencia de las comercializadoras de referencia, mejorando la posición del consumidor en cuanto a la información disponible y facilitando los procesos de cambio de suministrador (MITECO, 2021). Para ello, se establece que cualquier medida normativa que suponga un incremento del coste o una reducción de ingresos para el

sistema eléctrico, debería incorporar un incremento de ingresos o una reducción de costes que asegure el equilibrio del sistema, evitando la acumulación de nuevos déficits.

Dicha ley se encuentra en vigor, siendo la principal norma reguladora de las actividades de Red Eléctrica de España, atribuyéndole el ejercicio de las actividades de transporte y de operación del sistema, así como la función de gestor de la red de transporte. Igualmente, es necesario poner de relieve la Ley 17/2013, de 29 de octubre, para la garantía de suministro e incremento de la competencia en los sistemas insulares y extra-peninsulares, en la que se establece que Red Eléctrica, en su calidad de operador del sistema de estos sistemas eléctricos, sea el titular de todas las nuevas instalaciones de bombeo, siempre y cuando se determine que dichas instalaciones tengan como finalidad principal la garantía del suministro, la seguridad del sistema y la integración de energías renovables no gestionables.

4.2. Funcionamiento del mercado eléctrico español

En relación con toda la legislación introducida y los cambios regulatorios del sector, el cambio más destacable de entre los que supuso la entrada en vigor de la Ley 54/1997 fue el comienzo de las operaciones del operador del mercado eléctrico español: OMEL (Operador del Mercado Eléctrico); en la actualidad, OMI (Operador del Mercado Ibérico). Éste, a su vez, se divide en OMIE (polo español) y OMIP (polo portugués). Como su propio nombre indica, OMI es el operador de MIBEL (el Mercado Ibérico de la Electricidad).

La Circular 3/2019 de la CNMC, por la que se establecen las metodologías que regulan el funcionamiento del mercado mayorista de electricidad y la gestión de la operación del sistema, establece que el mercado de electricidad se organiza de la siguiente manera:

- Mercados a plazo y no organizados
- Mercado diario y mercado intradiario (gestionados por OMIE)
- Mercados de ajuste (gestionados por REE) entendidos estos como los servicios de no frecuencia y resolución de restricciones técnicas y servicios de balance del sistema, necesarios para garantizar un suministro adecuado al consumidor

A continuación, se detallará el funcionamiento (debido a su interrelación horaria y funcional) de los últimos dos grupos de mercados: aquellos gestionados por el operador del mercado (OMIE) y aquellos gestionados por el operador del sistema (REE). En el primer grupo, se encuentran los mercados diarios e intradiarios, mientras que en el segundo grupo se encuentran los diferentes mercados relativos a los servicios de balance del sistema.

En todos los mercados existentes dentro de estos dos grupos, existe la similitud de que el producto de cada uno de ellos es la casación entre oferta (energía a producir) y demanda (energía que se necesita), dando como resultado una cantidad determinada de energía a entregar y un precio de casación.

En la siguiente ilustración, elaborada a raíz de información de Red Eléctrica de España, se puede observar el momento del día en el que se produce la casación de cada uno de los mercados, así como el horizonte de aplicación en el que se ejecutará esa entrega de energía:

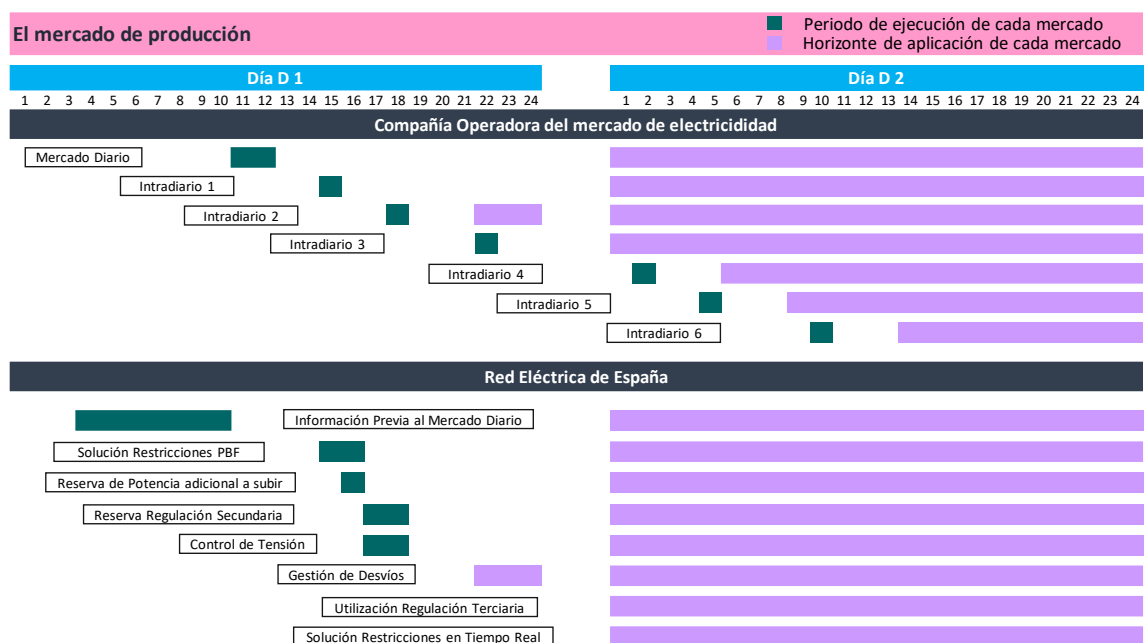


Ilustración 3: Horizonte de aplicación de los diferentes mercados del sistema eléctrico español. Fuente: REE, elaboración propia

4.2.1. Mercados gestionados por OMIE: mercado diario y mercados intradiarios

Mercado Diario

El precio de la energía en España, así como la cantidad de energía a entregar y recibir por los distintos agentes, se fija en el mercado mayorista de electricidad *pool* diario. Entre las 10:00 CET y las 12:00 CET del día anterior a la entrega de energía, los generadores de energía tienen que enviar a OMIE la cantidad que estiman que van a producir al día siguiente, y el precio que más se ajusta a sus necesidades de negocio. De manera análoga, la demanda (las comercializadoras) estiman cuánta energía van a consumir sus clientes al día siguiente, y envían dicha cantidad y el precio que deseen al operador del mercado.

Las ofertas presentadas a OMIE relativas a la venta de energía pueden ser simples o complejas, en relación con el contenido asociado a cada una y sus condiciones. Por un

lado, las ofertas simples son aquellas en las que los vendedores de energía presentan, para cada periodo horario y unidad de producción de las que sean titulares, reportando un precio de venta y una cantidad de energía a entregar. Por el otro lado, las ofertas complejas consisten en aquellas que, además de presentar todas las características de las ofertas simples, cuentan con alguna condición (técnica o económica) de entre las siguientes:

- **Condición de indivisibilidad:** se fija, en el primer tramo de cada hora, un valor mínimo de funcionamiento. Dicho valor se divide por reglas de reparto en el caso de ser el precio distinto de cero.
- **Gradiente de carga:** limita la energía máxima a casar en una determinada hora en el *pool* diario, al establecer la diferencia máxima entre la energía de una hora y la energía de la hora siguiente en una determinada unidad de producción.
- **Condición de ingresos mínimos:** condición de no participación en una determinada hora si la casación no reporta, para dicha unidad de producción, un ingreso superior (en euros) a una cantidad fija (establecida por el vendedor de energía).
- **Condición de parada programada:** de no cumplirse la condición de ingresos mínimos, se realiza una parada programada en un tiempo no mayor a tres horas, aceptando el precio en los tramos de las tres horas siguientes como ofertas simples.

Consecutivamente, a las 12:00 CET de los 365 días del año, tiene lugar la sesión del mercado diario en la que se fijan los precios y energías de la electricidad en toda Europa y para las veinticuatro horas del día siguiente. En 2009, los principales operadores de electricidad europeos vieron la necesidad de utilizar un algoritmo informático único para la formación de los precios mayoristas, y crearon el proyecto PCR (Price Coupling of Regions). Surgió así el algoritmo Euphemia (Iria, 2019), acordado y aprobado por todos los mercados europeos. Con el mismo objetivo de integrar mercados europeos, en 2018 se creó el proyecto XBID para crear un mercado intradiario transfronterizo europeo.

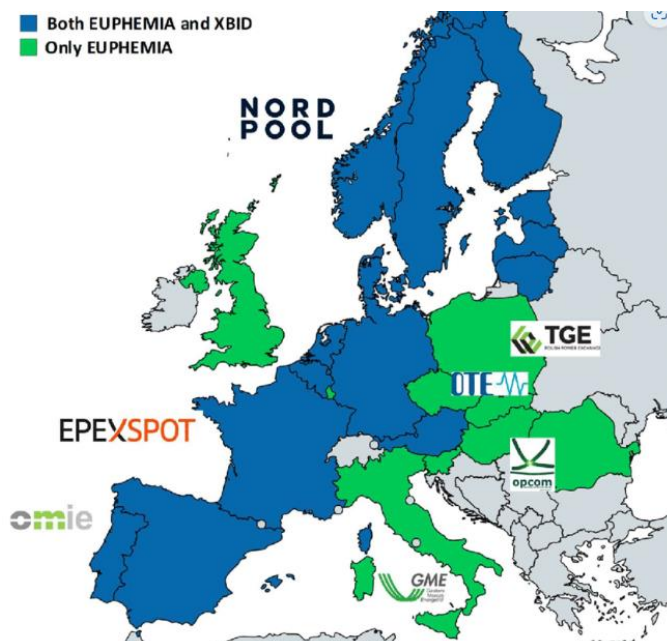


Gráfico 5: países bajo el algoritmo Euphemia y bajo el proyecto XBID (Iria, 2019)

La lógica del algoritmo Euphemia busca la optimización del excedente económico, que corresponde a la suma para el conjunto de todos los periodos horarios del horizonte de programación del beneficio de las ofertas de compra, más el beneficio de las ofertas de venta, más la renta de congestión. Se entiende por beneficio de las ofertas de compra la diferencia entre el precio de la oferta de compra casada.

Para ello, Euphemia considera las curvas (de oferta y demanda) agregadas en escalón. Para la curva de oferta, se agregan todas las ofertas de generación de energía de los agentes vendedores en sentido creciente. Por el contrario, para la curva de demanda, se agregan todas las ofertas de adquisición de energía de los agentes compradores en sentido decreciente.

Así, la intersección entre ambas curvas determinará el precio marginal del sistema, para cada una de las 24 horas del día siguiente. Los ofertantes de energía que hayan ofrecido un precio superior a ese precio marginal, se quedan fuera del despacho y no venderán energía en esa hora en concreto. Del mismo modo, los compradores que hayan pujado por debajo del precio marginal para cada hora tampoco habrán casado.

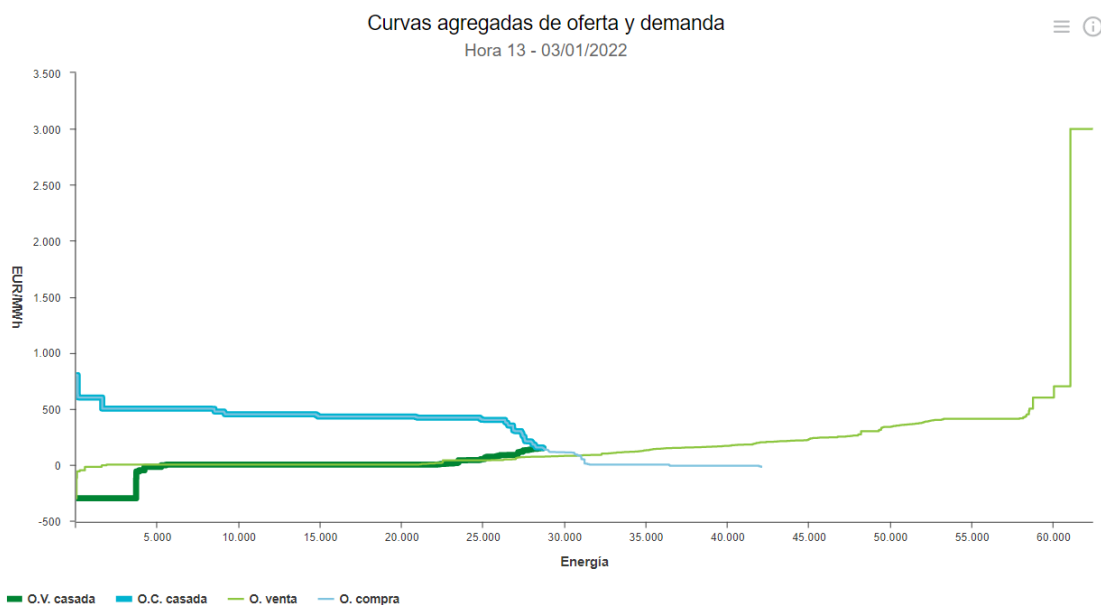


Gráfico 6: Curvas agregadas de oferta y demanda en el mercado diario. 03/01/2022. Hora 13. Fuente: OMIE

Este mercado es común para España y Portugal, por lo que el precio marginal para cada hora para cara uno de los días del año será el mismo en ambos países.

Mercado Intradiario

El mercado intradiario es el segundo de los mercados gestionados por OMIE. Su objetivo es que los agentes participantes puedan actualizar sus ofertas con previsiones más cercanas a la hora del despacho.

En total, hay 6 sesiones de subastas en el ámbito MIBEL y un mercado continuo transfronterizo europeo, y se llevan a cabo una vez el operador del sistema (REE en España) ha realizado, después del mercado diario, los ajustes necesarios para que el programa resultante sea viable.

Dichas 6 sesiones están repartidas entre el día anterior al despacho y el día del despacho. Todas tienen una duración de 50 minutos, excepto la primera, que tiene una duración de una hora para la presentación de ofertas:

	Sesión 1ª	Sesión 2ª	Sesión 3ª	Sesión 4ª	Sesión 5ª	Sesión 6ª
Apertura de sesión	14:00 (*)	17:00 (*)	21:00 (*)	1:00	4:00	9:00
Cierre de sesión y casación	15:00 (*)	17:50 (*)	21:50 (*)	1:50	4:50	9:50
Publicación PHF de los Oss	16:20 (*)	18:20 (*)	22:20 (*)	2:20	5:20	10:20
Horizonte de programación	24 horas (00 a 24)	28 horas (21 a 24* y 00 a 24)	24 horas (00 a 24)	20 horas (5 a 24)	17 horas (8 a 24)	12 horas (13 a 24)

Tabla 2: sesiones del mercado intradiario en España. Fuente: OMIE. (*): día anterior al despacho

En el mercado intradiario, los agentes pueden presentar, para cada tramo horario, ofertas simples (un precio y una cantidad de energía), pero también ofertas complejas; esto es, oferta simple que incorpora, al menos, alguna de estas condiciones (Muñoz, 2021):

- Gradiente de carga: diferencia máxima entre la energía para un bloque horario y el siguiente (para evitar cambios bruscos en la producción).
- Ingresos mínimos: se respeta que no se case la oferta si no se obtiene para todo el conjunto de horas un ingreso mínimo para la unidad de producción.
- Pagos máximos: similar a la anterior, pero referida a los compradores.
- Aceptación completa en la casación del tramo primero de la oferta: permite establecer un perfil de precio para todas las horas en función de si es casado en el primer tramo horario.
- Mínimo número de horas consecutivas de aceptación completa del tramo primero de la oferta: no se acepta la oferta de varios tramos horarios si no se casa un número mínimo de horas consecutivas.
- Energía máxima: permite ofertar todas las horas, pero limitando la casación a un máximo global de energía.

4.2.2. Mercados gestionados por REE: servicios de ajuste del sistema

Los servicios gestionados por REE son los servicios de ajuste: mecanismos de balance de energía y reserva de capacidad de generación convocados por REE para la correcta operación del sistema. Se encuentran regulados en los Procedimientos de Operación (P.O.) de Red Eléctrica, y su objetivo principal es la adecuación de los programas de producción resultantes de los mercados diarios e intradiarios a los requisitos pertinentes de calidad, fiabilidad y seguridad del sistema eléctrico. Estos servicios de ajuste se dividen en dos grandes tipos:

- Aquellos de no frecuencia y resolución de restricciones técnicas
- Servicios de balance del sistema, necesarios para garantizar un suministro adecuado al consumidor.

Se hará una descripción más detallado del segundo de estos dos puntos, debido a que son la base para el análisis cualitativo y cuantitativo posterior (tanto en España como en el resto de países estudiados).

Resolución de restricciones técnicas y servicios de no frecuencia

Resolución de restricciones técnicas

Regulado en el P.O. 3.2., el principal objetivo de este mercado es lidiar y solucionar las limitaciones en la red de transporte que puedan surgir a raíz de la casación de los mercados gestionados por OMIE. Pueden identificarse restricciones debido a:

- Incumplimiento de las condiciones de seguridad en régimen permanente y/o tras contingencia, definidas en el procedimiento de operación por el que se establecen los criterios de funcionamiento y seguridad para la operación del sistema eléctrico.
- Insuficiente reserva de potencia para la regulación y el balance del sistema.
- Insuficiente reserva de capacidad para el control de la tensión en la Red de Transporte.
- Insuficiente reserva de capacidad para la reposición del servicio.

Este mercado se divide en dos fases:

- Fase I: su objetivo es resolver las congestiones zonales de red. Puede resolverse con una necesidad de energía a subir o a bajar pero, normalmente, esta necesidad se requiere para aumentar la producción (contingencia de seguridad).
- Fase II: una vez resueltas las restricciones técnicas identificadas en el PDBF el OS procederá a realizar las modificaciones de programa necesarias para obtener un programa equilibrado en generación y demanda, respetando las limitaciones establecidas, por razones de seguridad del sistema, en la primera fase del proceso de solución de restricciones técnicas, y los valores previstos y publicados de la capacidad de intercambio en las interconexiones internacionales.
- En cuanto a la obligatoriedad de participación en este mercado, la Fase I es obligatoria para los agentes en caso de que REE requiera los servicios de su unidad de producción. Por el contrario, la Fase II es un mercado organizado donde, según el P.O. 3.2., presentarán sus ofertas para la venta de energía en este mercado::
 - Producción de grupos térmicos no renovables y centrales reversibles de bombeo
 - Producción de instalaciones que utilizan fuentes de energía renovables
 - Importaciones de energía desde los sistemas eléctricos externos en los que no esté implantado un sistema coordinado de gestión de la capacidad de intercambio

El coste de este servicio de ajuste es soportado en totalidad por los consumidores.

Reserva de potencia adicional a subir

El objetivo de este mercado es garantizar la seguridad del suministro del sistema eléctrico mediante la contratación de reserva de potencia adicional a subir necesaria para la operación del sistema.

Esta necesidad surge por el hecho de que las centrales térmicas necesitan horas para arrancar su operación, por lo que esta energía pretende prever este efecto y asegurar que estas centrales están en su nivel óptimo en el momento requerido.

En este servicio solo pueden participar las tecnologías térmicas con carácter gestionable.

Control de la tensión de la red de transporte

Se recoge su funcionamiento en el P.O. 7.4. Se define como el conjunto de actuaciones sobre los recursos de generación y absorción de potencia reactiva y otros elementos de control de tensión, orientadas a mantener las tensiones en los nudos de la red de transporte dentro de los márgenes especificados para garantizar el cumplimiento de los criterios de seguridad y calidad del suministro eléctrico.

Servicios de balance del sistema en España

Regulación secundaria

Este servicio de balance viene regulado en el P.O. 7.2., y se define como un servicio de carácter potestativo que tiene por objeto el mantenimiento del equilibrio generación-demanda, corrigiendo de forma automática los desvíos respecto al programa de intercambio previsto del Bloque de Control “España” y las desviaciones de la frecuencia del sistema.

Se define como reserva de regulación secundaria el margen de variación de potencia en el que el regulador secundario del sistema peninsular español puede actuar automáticamente y en los dos sentidos, partiendo del punto de funcionamiento en que se encuentre en cada instante. Viene dada por la suma, en valor absoluto, de las contribuciones individuales de todos los grupos generadores sometidos a este tipo de regulación. Permite al OS disponer de una reserva de capacidad disponible muy flexible (comienzo de la respuesta en no más de 20 segundos, alcanzar la potencia necesaria en menos de 5 minutos y con capacidad de mantenerse durante un tiempo de 15 minutos hasta poder ser reemplazada por la regulación terciaria) para resolver de forma automática desequilibrios significativos entre generación y demanda.

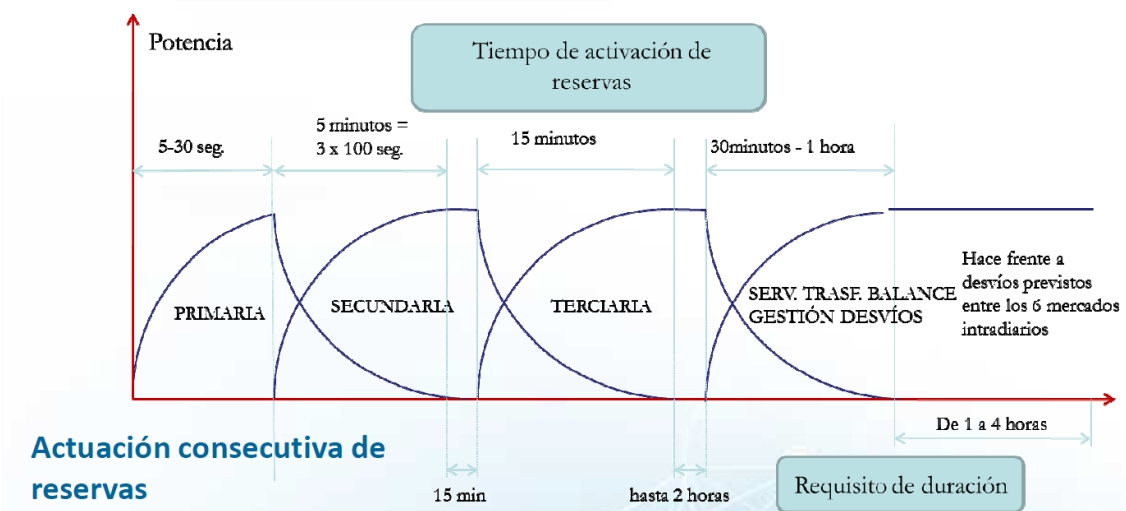


Ilustración 4: tiempo de activación de reservas de los sistemas de ajuste en España (AEQ Energía, 2018)

Cada día, el OS estima la ‘reserva de banda de regulación secundaria’, en términos de potencia (MW), necesaria para asegurar el suministro en condiciones de fiabilidad en caso de desequilibrios producción/consumo en tiempo real, y convoca el mercado correspondiente después de la celebración del mercado diario y del de restricciones (día D-1 de 16h a 18h). Las empresas generadoras, con carácter voluntario, presentan sus ofertas de capacidad disponible, asignándose la banda requerida por el OS entre éstas utilizando un criterio de mínimo coste. El coste marginal de la banda de potencia para cada hora marca el precio con el que se remunera toda la capacidad asignada en este mercado.

El servicio de regulación secundaria es gestionado por ‘zonas de regulación’, es decir, agrupaciones de centrales con capacidad de prestar el servicio de regulación secundaria, a requerimiento automático del programa de control de la generación del OS, con exigencias de respuesta con constante de tiempo de 100 segundos. Sin embargo, no todas las unidades de generación forman parte de una zona de regulación, quedando limitada su participación en este servicio a aquellas que cumplen los requisitos establecidos en los Procedimientos de Operación del O.S.

El servicio de balance de reserva secundaria remunera no sólo la banda de potencia, sino también la energía eventualmente utilizada. En el día del despacho, REE hace uso de la energía que precise para solventar los desequilibrios entre generación y demanda entre aquellos agentes que han casado banda.

En España, pueden prestar este servicio todos los tipos de tecnologías de generación, demanda y almacenamiento. La oferta mínima requerida para participar en el servicio es +-1MW. En el caso de la banda de regulación secundaria, la oferta es única, y se respetará

en este precio la proporción subir/bajar que haya estipulado el Operador del Sistema para cada hora (según la necesidad).

Para que una unidad consiga la habilitación en este servicio, necesita contar con una serie de requisitos (además de que su zona de regulación esté habilitada para ese servicio)

- Capacidad mínima de oferta de 1MW (aplicable a las unidades de programación con participación activa)
- Integración en el centro de control acreditado por el operador del sistema, responsable de la zona de regulación
- Cumplimiento de los requisitos de comunicación de datos e información al operador del sistema (debido a que la activación debe ser automática):
 - Información estructural
 - Telemidas en tiempo real
- Haber superado las pruebas específicas para la participación en el servicio de regulación secundaria

Estas pruebas de habilitación (tanto para secundaria como para terciaria y RR) vienen especificadas en el P.O. 3.8. En el caso de la regulación secundaria, el procedimiento es el siguiente:

1. En primer lugar, se comprobará el correcto intercambio de todas las señales de regulación entre el AGC de la zona y tanto el sistema principal como el de respaldo de la regulación (RCP).
2. Una vez finalizada la comprobación, la zona en pruebas pasará a responder a las señales de control enviadas desde el sistema de respaldo. De esta forma, en el sistema principal seguirá funcionando la regulación secundaria sin la participación de las unidades en pruebas.
3. A continuación, se comprobará la respuesta de las unidades físicas en control de la zona tanto a subir como a bajar potencia ante un requerimiento. Para ello, se enviará a la zona un CRR (se determinará en función de las unidades bajo control del AGC y será de valor suficiente para conseguir que dichas unidades alcancen los límites declarados de potencia en regulación) y se registrará su respuesta hasta que la potencia en control alcance su límite en el sentido del requerimiento.
4. Si en algún caso se estima necesario, se estabilizará la potencia en control en la zona mediante el envío de un CRR nulo.

Regulación terciaria

La regulación terciaria es un servicio de balance que, al igual que la regulación secundaria, tiene como objetivo mantener la frecuencia y el equilibrio generación-

demanda del sistema. Su activación es manual (en lugar de automática, como la secundaria), el tiempo de activación es de 15 minutos (como máximo) y permite la restitución del uso de la reserva de regulación secundaria.

La oferta es obligatoria para aquellas unidades habilitadas para prestar el servicio. Aquellas unidades habilitadas deben de poder permanecer entregando la potencia presentada durante dos horas consecutivas. La energía de regulación terciaria se retribuye a precio marginal, mediante un proceso de asignación programada (15 minutos antes del periodo de programación) y, en su caso, de activaciones directas, dentro de la hora.

En lo relativo a la habilitación, los requisitos que las unidades de programación deben cumplir para su habilitación como proveedores en los servicios de regulación terciaria son:

- Capacidad mínima de 1 MW.
- Adscripción de todas las instalaciones que integra en un centro de control acreditado por el operador del sistema.
- En el caso de integrar instalaciones de renovables, cogeneración y residuos, éstas deberán haber superado las pruebas de control de producción a las que hace referencia el Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Cumplimiento de los requisitos de intercambio de información con el operador del sistema
 - Información estructural
 - Telemidas en tiempo real
- Las Unidades Físicas que la conforman deberán haber superado las pruebas específicas para la participación en el correspondiente servicio de balance.

En este caso, el procedimiento pertinente (y que será el mismo para RR) es el siguiente:

1. Comenzando en un punto de funcionamiento igual o inferior a la potencia máxima de la unidad física e igual o superior a su potencia mínima, la unidad física incrementará su generación o consumo lo más rápido posible, hasta alcanzar el valor de potencia máxima. Una vez alcanzado dicho valor, la unidad física deberá mantenerse durante al menos 15 minutos a potencia máxima
2. A continuación, se realizará una bajada de carga en la que la unidad física reducirá su generación o consumo lo más rápidamente posible hasta alcanzar el valor de potencia mínima. Una vez alcanzado dicho valor, la unidad física deberá mantenerse en este punto durante al menos 15 minutos.

- Posteriormente, se realizará una subida de generación o consumo hasta alcanzar nuevamente la potencia máxima, momento en el que se dará por finalizada la prueba

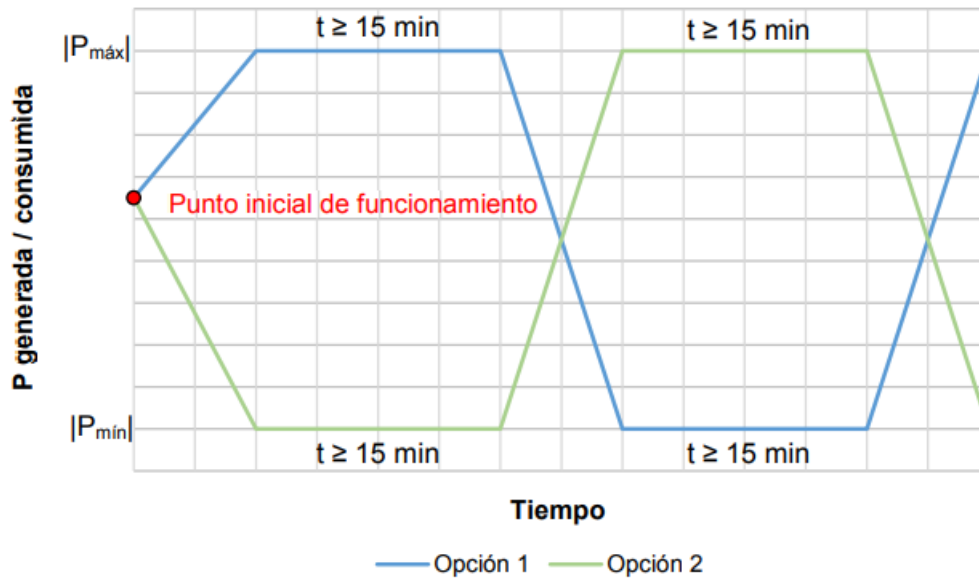


Ilustración 5: procedimiento de habilitación para la regulación secundaria en España. Fuente: REE

Existe una segunda opción para esa habilitación, que sería el procedimiento inverso al descrito anteriormente.

Reserva de sustitución

Regulado en el procedimiento de operación P.O. 3.3, la energía de balance de tipo ‘Reserva de sustitución (RR por sus siglas en inglés) es un servicio de balance de activación de reservas de potencia, teniendo como objetivo resolver los desvíos entre generación y consumo que se identifiquen después del cierre de cada mercado intradiario, con el fin de restablecer o mantener el nivel de energías de la recuperación de la reserva de regulación terciaria (y, por tanto, secundaria).

Comparte procedimiento de habilitación con la regulación terciaria (las unidades habilitadas para regulación terciaria lo están para otorgar reserva de sustitución, y viceversa). Para los agentes habilitados, la participación en cada mercado es potestativa y tiene una oferta mínima de +-1MW.

5. Análisis cuantitativo de los sistemas de balance en España

Después de haber detallado las definiciones y funcionamientos de los servicios de balance en España, se procede a realizar un análisis cuantitativo de los servicios de regulación secundaria y terciaria (los cuales serán el foco de este estudio). Para ello, se estudiarán las variables comentadas en el apartado de metodología para dichos servicios.

En el caso del precio, spread y cantidad negociada, será importante tener en cuenta las variables a subir (el agente incrementa, a raíz de ese mercado, la potencia a entregar) o a bajar (el agente disminuye la potencia a entregar).

Estas variables serán, también, las analizadas en los servicios de balance que se estudien en Portugal y Alemania, siguiendo el mismo procedimiento y razonamiento.

El periodo analizado, en el caso de España, es 2015-2021, y todos los datos se han obtenido de la página web de esios.

5.1. Regulación secundaria

Número de convocatorias

En cuanto al número de convocatorias de banda secundaria, éste tiene lugar en la totalidad de las ventanas horarias en las que se puede convocar. Desde 2015 a 2021, no ha habido ninguna ventana horaria en la que no se convocase (porcentaje calculado sobre el total de 8.760 horas anuales):

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Convocatorias mercado banda secundaria	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 3: convocatorias banda secundaria en España, 2015-2021

Por otro lado, también el mercado de utilización de esta energía secundaria es convocado con asiduidad. En cuanto a la energía de regulación secundaria a bajar, en 2021 se ha convocado en un 97% de las ventanas horarias (8.516), mientras que la energía de regulación secundaria a subir se ha convocado en 2021 un 93% de las horas (8.157):

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Energía regulación secundaria bajar	78%	78%	93%	98%	99%	99%	97%
Energía regulación secundaria subir	92%	88%	91%	91%	97%	95%	93%

Tabla 4: convocatorias de energía de regulación secundaria en España, 2015-2021

En definitiva, se puede concluir que el mercado de regulación secundaria (tanto la banda como la energía utilizada) es un mercado cuya convocatoria se puede dar prácticamente por supuesta.

Precios y spread

A continuación, se procede a analizar el precio y el spread respecto del mercado diario del mercado de banda secundaria. La siguiente gráfica muestra la evolución interanual del precio de banda secundaria en España, en el periodo analizado:

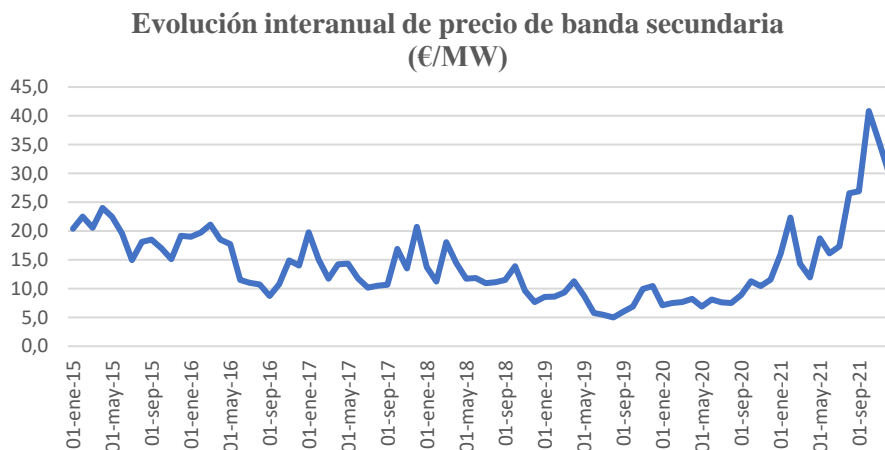


Gráfico 7: evolución interanual de precio de banda secundaria en España, 2015-2021

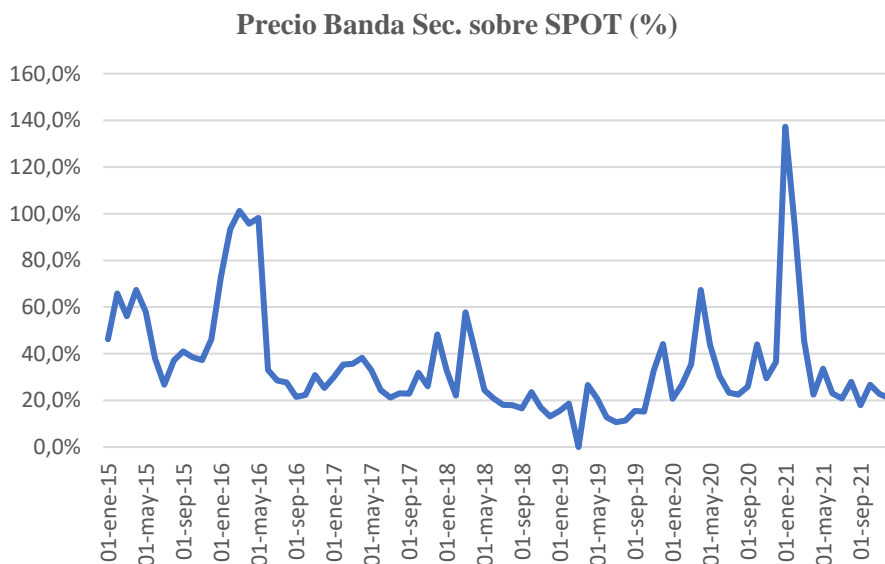


Gráfico 8: Porcentaje vs. SPOT Precio Banda Regulación Secundaria en España, 2015-2021

El precio de banda secundaria experimentó un descenso de 2016 a 2020. Después del pico experimentado en febrero de 2016 (25,5€/MW), en 2018 y 2019 la media del precio de este mercado se establece en 8,3€/MW y 8,7€/MW, respectivamente. A partir de

noviembre de 2020, acompañado de la subida del precio del mercado diario, el precio de este mercado vuelve a subir, experimentando un nuevo pico en octubre de 2021 (41€/MW).

Al ser esta subida acompañada por el precio del mercado SPOT, en la gráfica del spread del precio de banda secundaria respecto al precio del mercado diario, se observa que se ha mantenido en un rango de entre un 10% y un 50% en la mayoría de los meses (siendo el menor spread un 11,1% en agosto de 2019. La causa del pico de febrero de 2021 (73,3%) son los precios anormalmente bajos del mercado diario en varios días de ese mes (por debajo de 5€/MW).

Las medias anuales (teniendo en cuenta todas las horas), tanto de precio como de spread del mercado de banda secundaria en el intervalo 2015 y 2021 en España son las siguientes:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Precio Banda Secundaria (€/MW)	19,6	15,6	14,3	12,6	8,3	8,7	23,7
% vs. SPOT Precio Banda de Regulación Secundaria	46,3%	53,3%	30,7%	25,3%	20,4%	33,8%	31,0%

Tabla 5: medias anuales de precio y porcentaje respecto a mercado diario de banda secundaria en España, 2015-2021

Es pertinente, por tanto, concluir que el porcentaje respecto al SPOT de este mercado era mayor en 2015 y 2016, y se ha establecido en un rango de entre 20% y 35% desde 2017 respecto al mercado diario.

Spread de energía de regulación secundaria

Se procede ahora a realizar el análisis del spread de respecto al mercado diario de la energía de regulación secundaria, tanto a bajar como a subir.

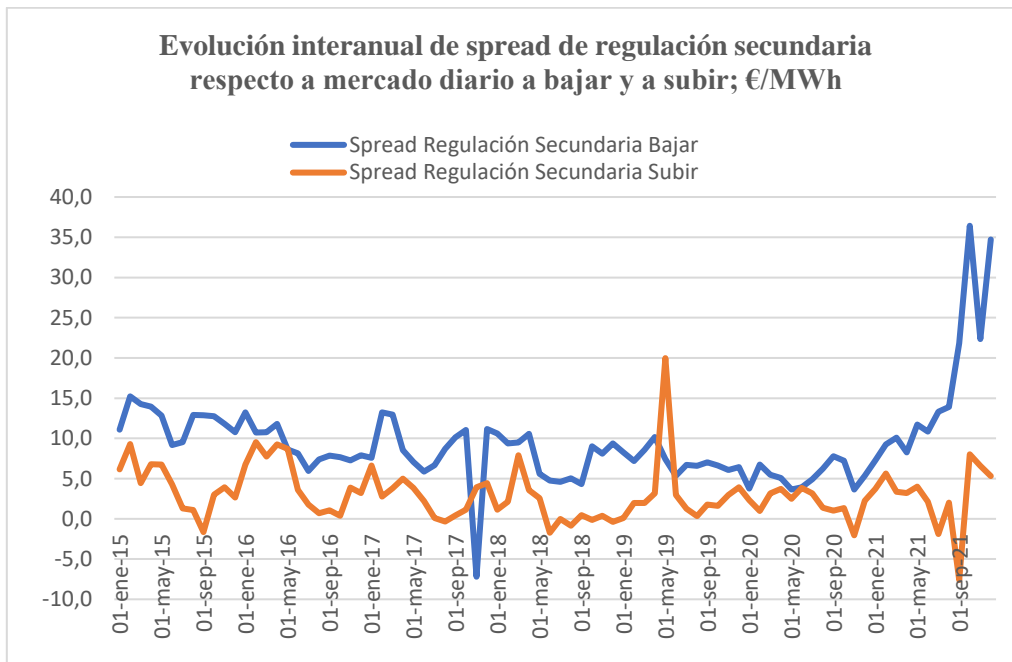


Gráfico 9: evolución de spreads de regulación secundaria a subir y a bajar en España, 2015-2021

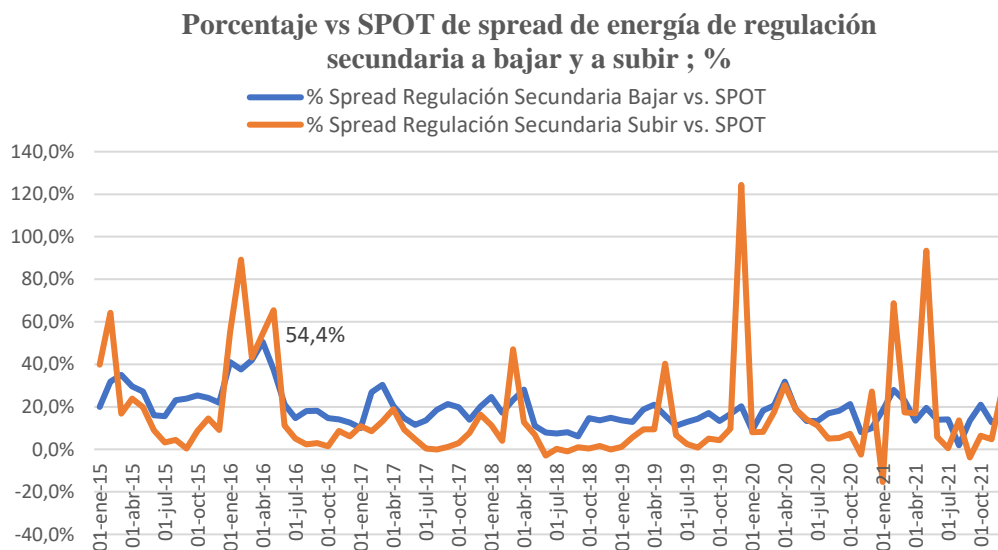


Gráfico 10: porcentaje vs. mercado diario del spread de energía de regulación secundaria en España, 2015-2021

Destaca que el spread de la regulación secundaria a bajar es mayor que la regulación secundaria a subir. Esto ocurre porque hay horas en las que el precio de la energía secundaria a bajar es muy bajo (menor que 1 €/MWh), lo que hace que el spread en este mercado sea la práctica totalidad del precio del mercado diario.

En cuanto a la segunda gráfica, se observa una mayor estabilidad en el caso de la energía de regulación secundaria a bajar (pico más alto, 54,4% en abril de 2016 y en el rango de

entre 10 y 30%). Por el contrario, el spread de la energía de regulación secundaria es menor que 20% en 68 de los 84 meses analizados (un 81% de los casos).

En la siguiente tabla, se muestra una media anual de los spreads, con medias anuales (teniendo en cuenta, de nuevo, todas las horas), tanto en €/MWh como en porcentaje respecto al mercado diario, de las energías de regulación secundaria a subir y bajar:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Spread Energía Secundaria Bajar (€/MWh)	12,1	8,8	7,9	7,5	7,2	5,3	16,7
Spread Energía Secundaria Subir (€/MWh)	4,0	4,8	2,8	1,3	3,6	2,0	2,9
Spread Medio Energía Secundaria Bajar (% vs. SPOT)	24,1%	25,4%	16,0%	14,6%	15,7%	16,6%	16,1%
Spread Medio Energía Secundaria Subir (% vs. SPOT)	15,5%	27,1%	7,8%	6,8%	7,8%	11,6%	7,5%

Tabla 6: spread, en precio (€/MWh) y porcentaje respecto al mercado diario, de las energías de regulación secundaria a bajar y a subir en España, 2015-2021

Estos datos respaldan la conclusión anterior de que, en media, el spread de la energía secundaria a bajar es considerablemente mayor que el spread de la energía secundaria a subir. De hecho, en 2021, el spread de la energía a bajar fue 5,8 veces mayor que el de la energía a subir, a nivel absoluto (3,4 en el periodo 2015-2021).

No obstante, la diferencia entre el spread medio de la energía secundaria a subir y bajar en porcentaje respecto al mercado diario es menor (tan solo 2,1 veces mayor en 2021, y 1,8 en todo el periodo 2015-2021). Esto es un indicativo de que, en aquellos casos donde el spread es mayor, coincide con ventanas horarias donde el precio del mercado diario es menor, lo que hace aumentar el atractivo de este mercado para los agentes generadores

Cantidad negociada

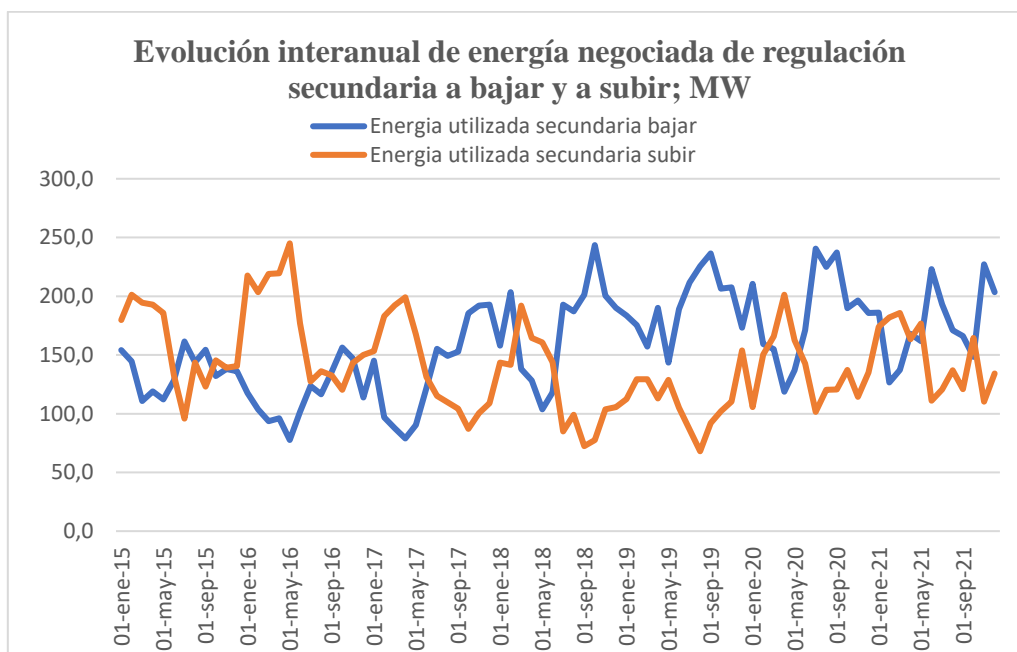


Gráfico 11: evolución interanual de energía negociada de regulación secundaria a bajar y a subir en España, 2015-2021

Como se puede ver en la gráfica, ambas funciones (cantidad de energía de secundaria a subir y a bajar) son espejo de la otra. En los últimos años, se confirma que se hace más uso de la energía secundaria a bajar.

Se compara ahora, en la siguiente tabla, esta cantidad de energía frente a la cantidad de banda casada, tanto a subir como a bajar:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Asignación banda a bajar (MW)	511	509	514	516	497	491	493
Energía utilizada a bajar (MW)	136	115	138	172	192	186	176
Porcentaje de energía utilizada a bajar sobre banda a bajar	26,6%	22,7%	26,8%	33,3%	38,6%	37,8%	35,7%
Asignación banda a subir (MW)	685	682	682	616	594	595	580
Energía utilizada a subir (MW)	156	174	137	124	111	138	148
Porcentaje de energía utilizada a bajar sobre banda a bajar	22,8%	25,5%	20,1%	20,1%	18,7%	23,2%	25,6%

Tabla 7: porcentaje de energía de regulación secundaria a subir y a bajar sobre asignación de banda en España, 2015-2021

Tanto a subir como a bajar, el uso de la energía de secundaria ronda el rango del 20-30%, con medias anuales, respecto a la banda casada. Se puede observar cierta tendencia a que este valor está incrementándose en los últimos años en el caso de la energía secundaria a bajar.

Liquidez

Para concluir el análisis de regulación secundaria en España, se obtiene la suma de la liquidez anual de la energía a subir y a bajar (sumando la liquidez de cada una de las horas anuales en las que se ha convocado ese mercado):

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Liquidez de energía secundaria utilizada a subir (M€)	12,2	12,6	7,1	5,8	9,5	6,2	15,2
Liquidez de energía secundaria utilizada a bajar (M€)	20,0	12,4	14,0	15,2	16,8	13,2	34,8
Total liquidez energía secundaria (M€)	32,2	25,0	21,1	21,0	26,3	19,4	50,0

Tabla 8: liquidez del mercado de regulación secundaria en España, 2015-2021

Se observa que la liquidez de la energía secundaria a bajar es consistentemente mayor que la de la energía secundaria a subir, siendo máxima esta diferencia en 2021 (19,6M€).

5.2. Regulación terciaria

Número de convocatorias

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Energía terciaria a bajar	35%	38%	44%	33%	27%	32%	34%
Energía terciaria a subir	54%	50%	49%	47%	41%	43%	49%

Tabla 9: número de convocatorias del mercado de energía terciaria en España, 2015- 2021

A diferencia que la energía secundaria, el mercado de regulación terciaria no se convoca la mayoría de las ventanas horarias (porcentaje sobre 8.760 horas anuales). En el caso de la energía terciaria a bajar, el porcentaje de convocatorias anual está en el rango de 25-45% de las horas, mientras que se hace uso de la energía terciaria a subir un 40-55% de las ocasiones.

Spread

Se analiza ahora la evolución del spread de la energía de regulación terciaria en España a subir y a bajar, así como de la evolución del porcentaje que representan sus spreads respecto al precio del mercado diario.

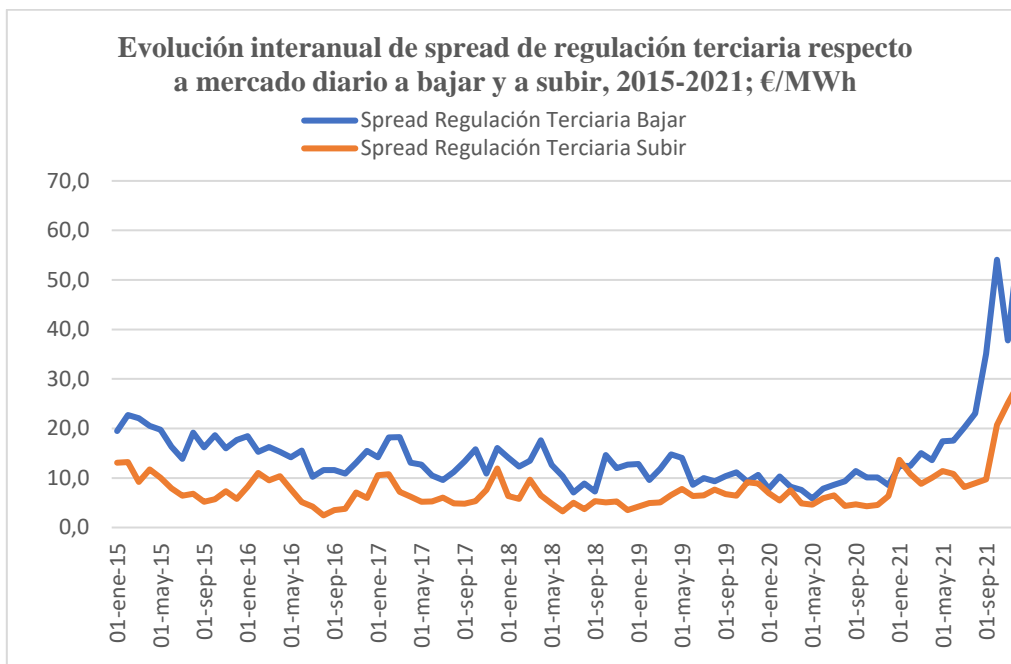


Gráfico 12: evolución de spreads de regulación terciaria a subir y a bajar en España, 2015-2021

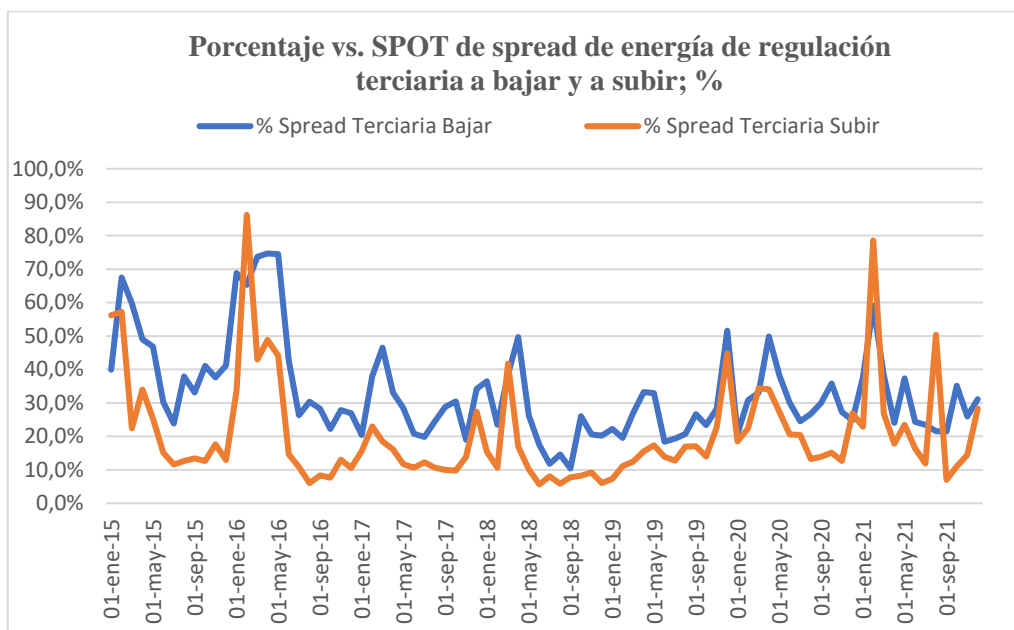


Gráfico 13: porcentaje vs. mercado diario del spread de energía de regulación terciaria en España, 2015-2021

Observando los spreads, se observa que están correlados con el precio del mercado diario (experimentando una gran subida en 2021). Además, se puede concluir, al igual que ocurre con la energía de regulación secundaria, que este spread ha aumentado en 2021, por lo que el spread, en valor absoluto, aumenta si aumenta el precio del mercado diario. Por otro lado, el spread de la regulación terciaria a bajar ha sido consistentemente mayor que el de la regulación terciaria a subir desde 2015. Sin embargo, parece que esta tendencia puede estar cambiando, ya que esta diferencia ha disminuido en 2021.

En la siguiente tabla, se muestra las medias anuales de los spreads y los comentados porcentajes en el intervalo temporal analizado:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Spread Energía Terciaria Bajar (€/MWh)	18,9	14,2	14,0	12,5	11,3	8,8	24,8
Spread Energía Terciaria Subir (€/MWh)	8,6	6,6	7,1	5,5	6,6	5,6	14,1
Spread Medio Energía Terciaria Bajar (% vs. SPOT)	43,9%	49,0%	29,8%	27,2%	27,9%	32,2%	34,2%
Spread Medio Energía Terciaria Subir (% vs. SPOT)	24,2%	26,8%	14,6%	12,7%	16,3%	21,3%	24,3%

Tabla 10: spread en €/MWh y en porcentaje respecto a mercado diario de energía de regulación terciaria en España, 2015-2021

Se puede confirmar que el spread de la energía terciaria a bajar es mayor que a subir, por lo que, a priori, es un mercado más interesante. Se confirma, además, que esta diferencia no solo no ha disminuido en 2021, sino que ha aumentado.

Cantidad negociada

Se analiza a continuación la evolución de la cantidad de energía de regulación terciaria en España:

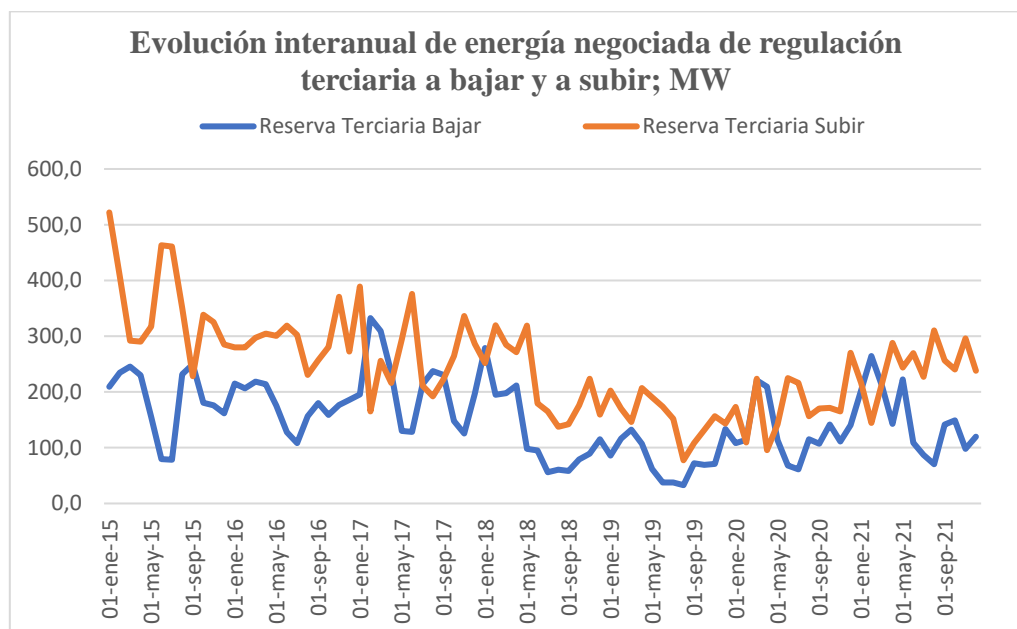


Gráfico 14: energía negociada de regulación terciaria a subir y a bajar en España, 2015-2021

A raíz de este análisis, se puede observar que:

- La energía a subir se utiliza más que la energía a bajar.

- La diferencia de la energía terciaria utilizada a subir respecto a bajar se ha incrementado en 2021 (246MWh vs. 151MWh de media anual, cantidades horarias).

Liquidez

Con la misma metodología que la empleada para regulación secundaria, en la siguiente tabla se muestra la suma (para todas las horas en las que se convocó el mercado) de la liquidez del mercado de regulación terciaria a subir y a bajar:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Liquidez de energía terciaria utilizada a subir (M€)	35,7	21,2	21,2	13,5	11,0	10,7	40,2
Liquidez de energía terciaria utilizada a bajar (M€)	38,6	27,1	31,3	17,5	9,2	11,7	40,8
Total liquidez energía terciaria (M€)	74,3	48,3	52,5	31,0	20,2	22,4	81,0

Tabla 11: liquidez del mercado de regulación terciaria en España, 2015-2021

De esta tabla, se pueden extraer dos conclusiones:

- Apenas hay diferencia entre la liquidez de la regulación terciaria a subir y a bajar en España
- El mercado de regulación terciaria en España cuenta, en 2021, con más liquidez que el mercado de regulación secundaria en España.

6. Análisis de los sistemas de balance en Portugal

6.1. Breve introducción al mercado eléctrico portugués

Antes de 1995, el mercado eléctrico en Portugal era, como en el caso de España, un monopolio de EDP Universal Science. En ese año, comenzó el proceso hacia la liberalización del mercado con la creación de la Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), la cual entró en funcionamiento como organismo regulador del mercado en 1997 (Delgado Flores, 2019).

Con la introducción de ERSE, el inicio de la liberalización del mercado se reflejó en unos precios más asequibles para el consumidor final y en la mejora de la calidad del servicio. El proceso se culminó con dos momentos importantes, separados por menos de un año:

- A partir del 4 de septiembre del 2006, todos los consumidores finales de Portugal de electricidad tenían derecho a elegir a su comercializadora
- Creación del Mercado ibérico de Electricidad (MIBEL) el 1 de julio de 2007, integrándose la actividad del operador del mercado de Portugal y España, teniendo como objetivo “beneficiar a los consumidores ibéricos para comprar energía bajo libre competencia de cualquier productos o comerciante que opere en Portugal o España

En 2011, se inició el proceso de extinción de las tarifas reguladas de venta a los clientes finales de electricidad, y se aplicaron tarifas transitorias a los clientes finales. Este proceso se rigió por el siguiente calendario:

- Enero 2011: consumidores en Muy Alta Tensión (MAT), Alta Tensión (AT), Media Tensión (MT) y Baja Tensión Especial (BTE)
- Julio 2012: consumidores en Baja Tensión Normal (BTN) con potencia contratada mayor o igual a 10,35 kVA
- Enero 2013: consumidores en Baja Tensión Normal (BTN) con potencia contratada inferior a 10,35 kVA

En lo relativo a la gestión de las redes en Portugal, existe un único TSO: Redes Energéticas Nacionais, SGPS, S.A. (REN), cuyo principal objetivo es, al igual que REE en España, garantizar la estabilidad y seguridad del suministro de electricidad en Portugal.

Los agentes que intervienen en el mercado portugués son muy similares a los del mercado español:

- Agente de Mercado: entidad que comercia con electricidad en mercados organizados y/o por contratación bilateral. Hay 75 agentes de mercado activos

- Unidades de Programación: unidad que permite a cada agente del mercado completar la programación de adquisiciones y/o ventas de electricidad relacionadas con su participación en MIBEL, área de control portuguesa. Hay 124 unidades de programación activas, con una media de potencia máxima de 888 MW de potencia máxima instalada y distribuidos de la siguiente manera:
 - 44 comercializadoras
 - 30 unidades genéricas (pueden consumir de la red o verter energía a la red)
 - 44 unidades de generación (26 de ellas en régimen especial)
 - 6 de consumo de bombeo
- Unidades Físicas: instalaciones de producción en Régimen Ordinario o Especial, entendidas como instalación de producción, cada grupo de una central termoeléctrica o conjunto de grupos de una central hidroeléctrica. Hay un total de 103 unidades físicas activas en Portugal.
- Áreas de equilibrio: conjunto de Unidades Físicas conectadas en la misma área de red y pertenecientes al mismo Agente de Mercado, a las que se suman las desviaciones al cronograma de producción o consumo en bombeo. Hay 46 áreas de equilibrio.
- Grupos: conjunto compuesto por la caldera, turbina, generador y transformador, en el caso de los centros electroproductores térmicos, y el conjunto formado por el circuito hidráulico, turbina, generador y transformador, en el caso de los centros electroproductores de agua.

6.2. Descripción y análisis cualitativo de los sistemas de balance en Portugal

Con la introducción de MIBEL, se armonizó una serie de procedimientos y condiciones económico-técnicas entre Portugal y España.

En este punto, se define la creación del anteriormente comentado OMI (Operador del mercado ibérico), responsable de la gestión de los mercados organizados de MIBEL, contando con dos polos interconectados:

- OMIE (polo español), con competencia de la gestión diaria e intradiaria del mercado
- OMIP (polo portugués), encargada de la gestión de los mercados a plazo

Es decir, OMIE gestiona también el mercado diario e intradiarios en Portugal, además de en España. Por tanto, los horarios de los mercados horarios e intradiarios en Portugal son los mismos que en España (mostrados en el capítulo anterior, en la ilustración 4), pero descontándole una hora debido a la diferencia horaria entre países.

Sin embargo, hasta el momento efectivo del despacho, existen también unos servicios de balance gestionados por REN con el fin de cumplir su objetivo de garantizar la correcta y segura entrega de energía. A su vez, los agentes habilitados pueden renegociar su posición para cada una de las 24 horas del día siguiente.



En concreto, REN describe en su página web los sistemas de balance existentes en Portugal. Cuenta también con un servicio de restricciones técnica (en tiempo real), de reserva de reposición y de reserva de sustitución (RR), pero se encuentran fuera del alcance de este análisis. Por tanto, se procede a detallar los servicios de regulación secundaria y terciaria en Portugal.

Regulación secundaria

El servicio de regulación secundaria en Portugal es similar al de España. En primer lugar, en el día D-1 a las 15:00 se convoca el mercado de banda secundaria, basado en la cantidad mínima que REN estima que necesita, en cada hora (mercado horario) para asegurar el suministro en condiciones de fiabilidad. Es un mercado de potencia, y se remunera con el precio marginal de cada hora.

Al día siguiente, según la necesidad que estipule REN, hace uso de la energía de regulación secundaria entre los agentes que han casado banda. Al igual que en España, la activación es automática. La oferta mínima es 1MW, y en este caso, la cantidad de banda a subir requerida siempre es un 150% de la banda a bajar.

Ofertas de Banda de Regulação Secundária

2022-06-24  Ordenar por: 

HORA 1				HORA 2				HORA 3				HORA 4			
Unidade Física	Subir	Descer	Preço	Unidade Física	Subir	Descer	Preço	Unidade Física	Subir	Descer	Preço	Unidade Física	Subir	Descer	Preço
LARES2	88,0	44,0	0,00	LARES2	83,0	41,5	0,00	LARES2	73,0	36,5	0,00	LARES2	70,0	35,0	0,00
PEGO3	16,0	8,0	0,00	PEGO3	16,0	8,0	0,00	PEGO3	16,0	8,0	0,00	PEGO3	16,0	8,0	0,00
PEGO4	16,0	8,0	0,00	PEGO4	16,0	8,0	0,00	PEGO4	16,0	8,0	0,00	PEGO4	16,0	8,0	0,00
LARES2	10,0	5,0	20,76	PEGO3	16,0	8,0	17,84	PEGO3	16,0	8,0	18,72	PEGO3	16,0	8,0	18,16
PEGO3	16,0	8,0	20,76	PEGO4	16,0	8,0	31,04	PEGO4	16,0	8,0	32,57	PEGO4	16,0	8,0	31,60
PEGO4	16,0	8,0	36,12	LARES2	17,0	8,5	31,98	LARES2	8,0	4,0	33,56	LARES2	8,0	4,0	32,56
LARES2	12,0	6,0	37,22	PEGO3	16,0	8,0	32,83	PEGO3	16,0	8,0	34,44	PEGO3	16,0	8,0	33,41
PEGO3	16,0	8,0	38,20	PEGO4	16,0	8,0	34,61	PEGO4	16,0	8,0	36,32	PEGO4	16,0	8,0	35,23
PEGO4	16,0	8,0	40,27	PEGO3	16,0	8,0	35,68	PEGO3	16,0	8,0	37,44	PEGO3	16,0	8,0	36,32
PEGO3	16,0	8,0	41,52	POCINHO	17,0	8,5	36,08	LARES2	16,0	8,0	37,84	LARES2	14,0	7,0	36,72
POCINHO	18,0	9,0	41,92	PEGO4	16,0	8,0	36,18	PEGO4	16,0	8,0	37,94	PEGO4	16,0	8,0	36,82
PEGO4	16,0	8,0	42,02	VALEIRA	64,0	32,0	38,68								
VALEIRA	64,0	32,0	44,52												

Unidades: MW; €/MW

Ilustración 6: ofertas de las horas 00:00-4:00 de banda de regulación secundaria (con ratio 150% subir/bajar) del 24 de junio de 2022 (REN, 2022)

Todas las tecnologías están permitidas para habilitar el servicio, previa habilitación similar a la que hay en España: rampa de subida lo más rápido posible con activación remoto y mantener en potencia máxima durante 15 minutos. Se debe llegar a la potencia máxima en menos de 30 segundos (en España son 20)

En el caso de Portugal, la banda ejecutada en el día del despacho (es decir, cuando se liquida la energía) se paga a precio de regulación terciaria. Esto supone que el precio de la energía entregada de secundaria y terciaria será el mismo en Portugal.

Regulación terciaria

En Portugal, el mercado de reserva terciaria se convoca cuando la demanda prevista sea mayor del 2% de la programada o haya fallos de generadores. Todas las tecnologías están habilitadas para presentar el servicio, siendo la oferta obligatoria en caso de estar habilitado.

A diferencia de en España, este mercado se convoca el día D-1 a las 21:00. Los productores deben presentar las ofertas a subir y a bajar, siendo actualizables solo bajo ciertas circunstancias. Si el TSO estima necesario utilizar reserva, el precio se decide utilizando las curvas de oferta agregadas, remunerando el precio marginal resultante a los agentes casados.

La oferta mínima a presentar es de +-1MW, y el tiempo de activación es de 15 minutos, debiendo estar disponible para entregar la potencia requerida durante un periodo máximo de 2 horas. Por tanto, la habilitación es igual que en España.

6.3. Análisis cuantitativo de los sistemas de balance en Portugal

En Portugal, se estudiarán cuantitativamente los servicios de balance analizados en España (regulación secundaria y terciaria), analizando las mismas variables:

- Número de convocatorias
- Precio y spread respecto al mercado diario
- Cantidad negociada
- Liquidez

El periodo analizado es, al igual que en España, de 2015 a 2021 y los datos se han obtenido de la página web de Redes Energéticas Nacionais (REN).

6.3.1. Regulación secundaria (*Regulação secundaria*)

Número de convocatorias

El mercado de banda secundaria en Portugal se convoca en el 100% de las ventanas horarias, por lo menos, desde el año 2015, como se puede comprobar en la siguiente tabla (porcentaje sobre 8.760 horas anuales):

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Convocatorias mercado banda secundaria	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 12: convocatorias banda secundaria en Portugal 2015-2021

Sin embargo, este número cambia si se analiza el número de veces que se convoca el posterior mercado de energía:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Energía a bajar	36%	44%	37%	29%	26%	29%	55%
Energía a subir	86%	87%	88%	87%	86%	82%	73%

Tabla 13: convocatorias de mercado de energía secundaria en Portugal, 2015-2021

Se observa que la energía a bajar se utiliza menos que la energía a subir, donde el porcentaje de horas donde se convoca este mercado es similar al de España (del orden de 80%), mientras que en el mercado a bajar el 30%).

Precio y spread

Precio de banda secundaria

Se analiza a continuación el precio y el spread respecto del mercado diario del mercado de banda secundaria en Portugal:

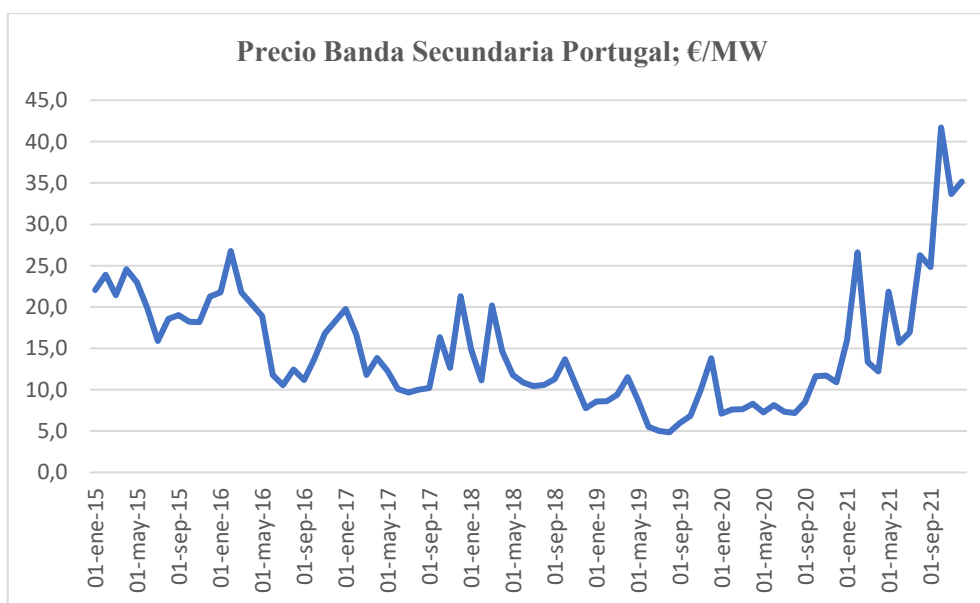


Gráfico 15: evolución interanual de precio de banda secundaria en Portugal, 2015-2021

Este precio es, en el periodo analizado (2015-2021) exactamente igual al del mercado de banda secundaria en España.

Igualmente, debido a que el precio del mercado diario de España y de Portugal son prácticamente idénticos, el porcentaje del precio de la banda respecto al precio del mercado diario en Portugal tiene unos rangos similares:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Precio Banda Sec. (€/MW)	20,5	16,7	13,7	12,3	8,2	8,6	23,7
Precio Banda Secundaria sobre mercado diario	49,1%	64,1%	29,2%	28,0%	21,9%	34,9%	36,9%

Gráfico 16: medias anuales de precio y porcentaje respecto a mercado diario de banda secundaria en Portugal, 2015-2021

Spread de energía de regulación secundaria

Después de analizar los precios de la banda secundaria (potencia) se muestra a continuación una gráfica con la evolución interanual del spread de la energía de regulación secundaria en Portugal, y del porcentaje que representa respecto al mercado diario.

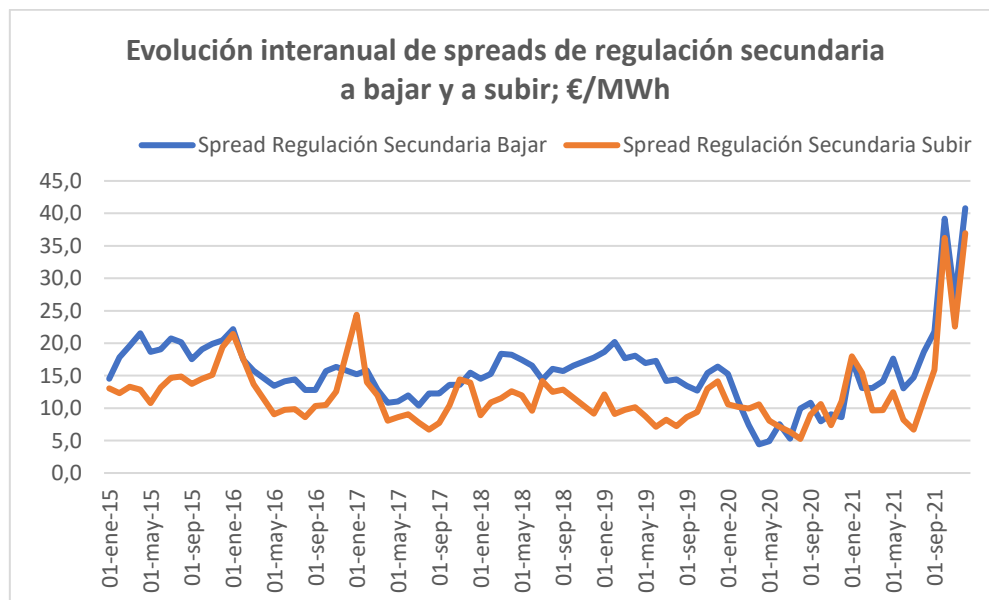


Gráfico 17: evolución de spreads de regulación secundaria a subir y a bajar en Portugal, 2015-2021

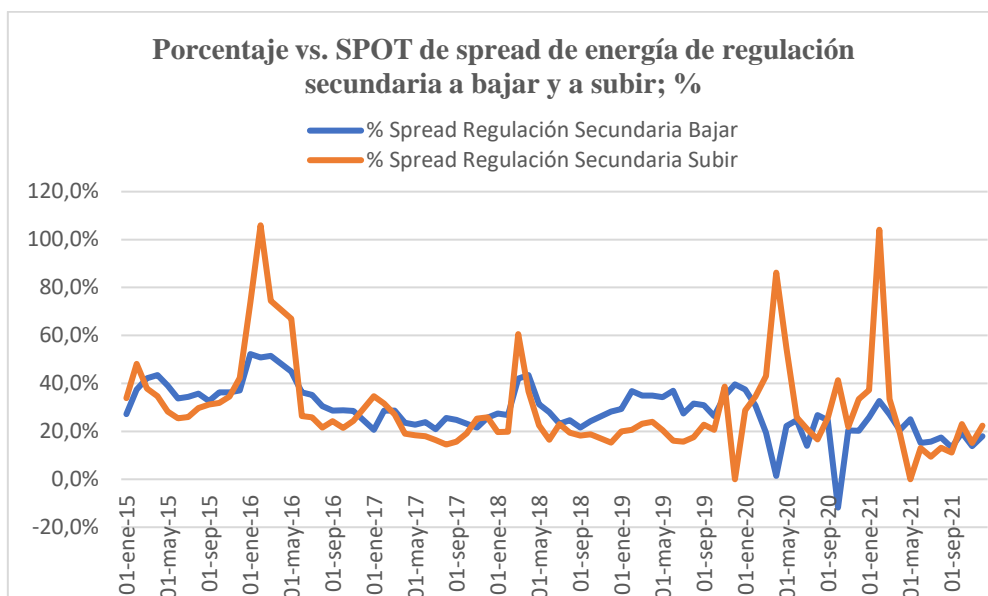


Gráfico 18: porcentaje vs. mercado diario del spread de energía de regulación secundaria en Portugal, 2015-2021

Se observan diferentes conclusiones:

- El spread de la energía a subir y a bajar de regulación secundaria están correlados, y correlados también con el mercado diario.
- En relación con lo anterior, el porcentaje del spread de este mercado respecto al mercado diario es relativamente estable (entre un 20% y un 40%), teniendo más picos positivos la energía secundaria a subir que a bajar.

Otra forma de observar esta última tendencia es mostrando las medias anuales de los spreads, y el porcentaje que suponen respecto a la media anual del mercado diario:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Spread Energía Secundaria Bajar (€/MWh)	19,2	15,4	12,9	16,4	16,2	8,4	21,2
Spread Energía Secundaria Subir (€/MWh)	14,0	12,2	11,5	11,7	9,8	8,8	17,2
Spread Medio Energía Sec. Bajar (% vs. SPOT)	36%	37%	24%	29%	33%	19%	20%
Spread Medio Energía Sec. Subir (% vs. SPOT)	33%	45%	22%	25%	25%	36%	24%

Tabla 14: spread en €/MWh y en porcentaje respecto a mercado diario de energía de regulación secundaria en Portugal, 2015-2021

Aparte de confirmar las dos conclusiones anteriores, en esta tabla se confirma también que ocurre lo mismo que en España en este mercado: la diferencia entre el spread medio de la energía a subir y a bajar respecto al mercado diario es menor que el porcentaje medio. Esto indica que en aquellos casos donde el spread es mayor, coincide con ventanas

horarias donde el precio del mercado diario es menor, lo que incrementa el atractivo de este mercado para los agentes productores.

Energía negociada

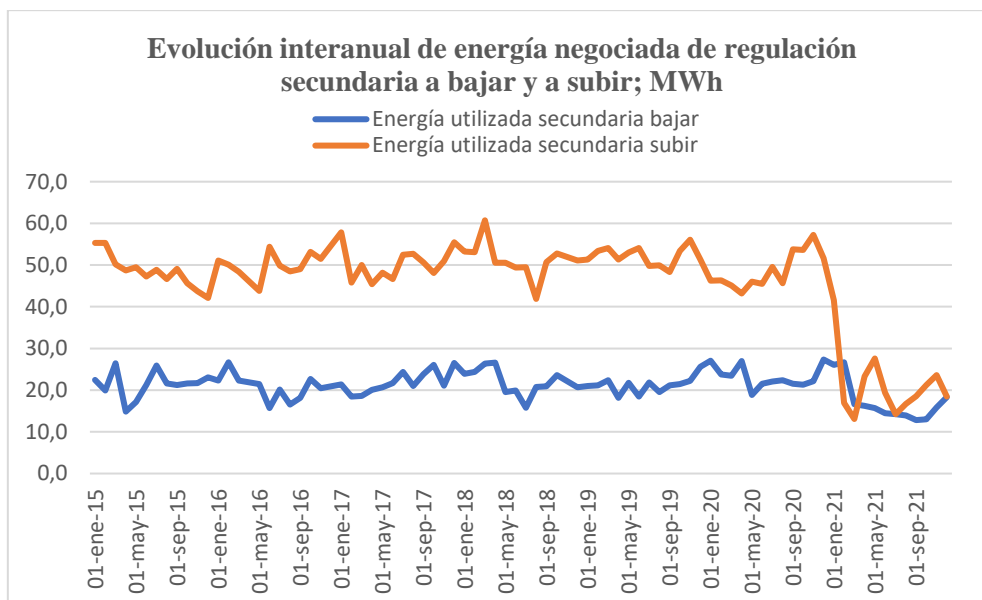


Gráfico 19: energía negociada de regulación secundaria a subir y a bajar en Portugal; 2015-2021

A diferencia de España, donde las funciones de energía secundaria a subir y a bajar eran prácticamente una espejo de la otra, en Portugal ha sido consistentemente mayor la energía negociada a subir que a bajar, del orden de dos veces a subir que a bajar. Esto fue así hasta el año 2021, donde se igualaron en el rango 10MW - 20MW para cada ventana horaria.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Asignación banda a bajar (MW)	85	85	88	91	94	94	92
Energía utilizada a bajar (MW)	22	21	22	22	21	23	17
Porcentaje de energía utilizada a bajar sobre banda a bajar	25%	24%	25%	24%	23%	25%	18%
Asignación banda a subir (MW)	169	171	175	183	188	189	185
Energía utilizada a subir (MW)	48	50	50	52	52	49	21
Porcentaje de energía utilizada a bajar sobre banda a bajar	29%	29%	29%	28%	28%	26%	12%

Tabla 15: porcentaje de energía de regulación secundaria a subir y a bajar sobre asignación de banda en Portugal, 2015-2021

A pesar de que, en el mercado de regulación secundaria, se negocia en Portugal menos energía que en España, los porcentajes de utilización de energía de regulación secundaria sobre banda casada son de un orden similar (20%-30%).

Liquidez

Para finalizar el análisis de regulación secundaria en Portugal, se multiplican, para cada hora, los spreads de energía respecto al mercado diario por la cantidad negociada en esa hora de energía de regulación secundaria, obteniendo los siguientes resultados:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Liquidez de energía secundaria utilizada a subir (M€)	1,4	1,1	1,0	1,0	0,8	0,6	1,7
Liquidez de energía secundaria utilizada a bajar (M€)	6,0	5,7	5,2	5,3	4,4	3,8	3,5
Total liquidez energía secundaria (M€)	7,4	6,8	6,2	6,3	5,2	4,4	5,2

Tabla 16: liquidez del mercado de regulación secundaria en Portugal, 2015-2021

Se observa que no es un mercado donde haya mucha liquidez (en España, en 2021, esos valores son 34,8 M€ a bajar y 15,2 M€ a subir). Esto es debido, principalmente, a la baja cantidad de energía negociada en este mercado.

6.3.2. Regulación terciaria (*Regulação terciária*)

Número de convocatorias

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Energía terc. a bajar	65%	61%	63%	69%	64%	73%	67%
Energía terc. a subir	49%	58%	55%	43%	46%	48%	49%

Tabla 17: número de convocatorias del mercado de energía terciaria en Portugal, 2015- 2021

Se observa que, en Portugal, el mercado de energía terciaria a bajar se convoca en un 60-70% de las ventanas horarias (sobre el total de 8.760), mientras que en el caso de la energía terciaria a subir se convoca alrededor del 50% de las horas.

El nivel de convocatoria de este mercado es mayor en España en el caso de energía a bajar, mientras que es similar en la energía a subir. El motivo de que la asiduidad de convocatoria sea, en global, mayor, es la normativa que implica la necesidad de hacer uso de la energía de regulación terciaria en caso de que la generación y la demanda estimada tengan una diferencia de un $\pm 2\%$. Este pequeño margen hace que esta regla no se suela cumplir y, por tanto, se convoque este mercado.

Spread

Como se ha comentado en la descripción cualitativa de los sistemas de balance en Portugal, el precio y el spread de la energía terciaria es el mismo que el de la energía secundaria, por lo que se prescinde de volver a mostrar las mismas gráficas.

En relación con los precios de regulación terciaria en España, en la siguiente tabla se muestra una media con los spreads respecto al mercado diario en ambos países:

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Spread Energía Terciaria Bajar en Portugal (€/MWh)	19,2	15,4	12,9	16,4	16,2	8,2	21,2
Spread Energía Terciaria Subir en Portugal (€/MWh)	14,0	12,2	11,5	11,7	9,8	8,8	17,2
Spread Energía Terciaria Bajar en España (€/MWh)	18,9	14,2	14,0	12,5	11,3	8,8	24,8
Spread Energía Terciaria Subir en España (€/MWh)	8,6	6,6	7,1	5,5	6,6	5,6	14,1

Tabla 18: comparativa de los spreads de energía terciaria en Portugal y en España, 2015-2021

Se concluye que:

- En Portugal, al igual que en España, el spread de la energía terciaria a bajar es mayor que a subir.
- Esta diferencia es, en todos los años, menor en Portugal que en España, debido al bajo spread de la energía a subir en Portugal.

Cantidad negociada

Se analiza a continuación la evolución de la cantidad de energía de regulación terciaria en Portugal:

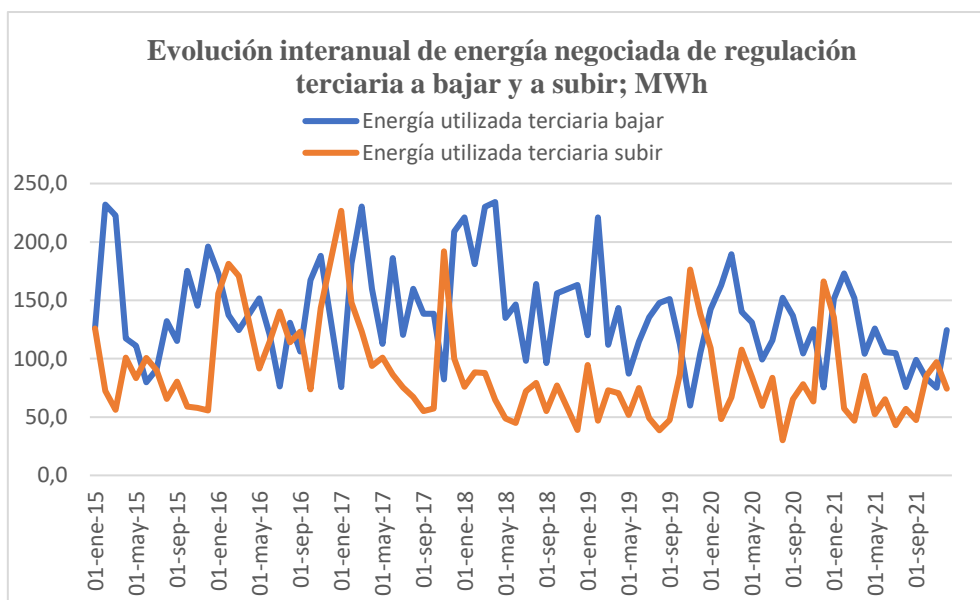


Gráfico 20: energía negociada de regulación secundaria a subir y a bajar en Portugal, 2015-2021

Se puede concluir:

- La energía a bajar, al contrario que ocurre en España, se utiliza más que la energía a subir.
- Los valores de energía negociada de regulación terciaria en Portugal son mayores que los de secundaria (donde rondaba los 20MW a bajar y 50MW a subir). El motivo de esto es el pequeño margen comentado anteriormente con el que se convoca este mercado (2% de desviación entre generación y demanda), lo que hace que se suela requerir de mucha energía en este servicio.

Liquidez

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Liquidez de energía terciaria utilizada a subir (M€)	24,7	19,1	18,2	23,7	18,5	13,4	22,7
Liquidez de energía terciaria utilizada a bajar (M€)	15,2	20,9	18,3	10,4	11,5	9,5	20,2
Total liquidez energía terciaria (M€)	39,9	40,0	36,5	34,1	30,0	22,9	42,9

Tabla 19: liquidez del mercado de regulación terciaria en Portugal, 2015-2021

A diferencia del mercado de regulación secundaria, donde la liquidez no superaba ningún año los 2M€ a subir o a bajar, la liquidez del mercado de regulación terciaria en Portugal es más atractiva (del orden de 10 veces más líquido). El motivo de esto es la mayor cantidad negociada en este mercado, ya que el spread es exactamente el mismo que en secundaria (al tener el mismo precio).

7. Análisis de los sistemas de balance en Alemania

7.1. Breve introducción al mercado eléctrico alemán

Al igual que ocurrió con España, Portugal y el resto de países de la Unión Europea, Alemania ha experimentado la liberalización de su mercado eléctrico en las últimas décadas.

Hasta 1998, el mundo de los proveedores de energía en Alemania era diferente al actual: cada empresa tenía su propia área de suministro definida, cumpliendo las características principales de un régimen monopolístico. En 1998, se publicó la enmienda de la Ley de la Industria Energética (Energiewirtschaftsgesetz o EnWG), la cual introdujo medidas para promover el acceso no discriminatorio al sistema de suministro de electricidad, aumentando la transparencia en el sector eléctrico y reduciendo las posibilidades de subvenciones anticompetitivas (OECD, 2004).

La siguiente y última enmienda sobre dicha ley que se ha realizado data de 2005. Con ella, el Gobierno Federal incorporó la legislación comunitaria de la UE para el suministro de la energía basada en la red en la legislación nacional. Se introdujeron varios puntos clave:

- Las autoridades reguladoras tienen el deber de supervisar a los operadores de red. Todos los clientes tienen el derecho de ponerse en contacto con estas autoridades para preguntas relacionadas con el acceso a la red.
- La Comisión de Monopolios recibió el encargo de evaluar continuamente la evolución y competencia de los mercados de suministro de energía y de preparar un informe pericial al respecto cada dos años (artículo 62 del Reglamento de Trabajo)

Con estas dos enmiendas, el mercado eléctrico alemán fijó las principales bases, cuyos pilares siguen vigentes en la actualidad.

El mercado eléctrico alemán es el EPEX (European Power Exchange) SPOT, una bolsa de energía eléctrica que opera en Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Gran Bretaña, Luxemburgo, los Países Bajos, Noruega, Polonia, Suecia y Suiza, además de en Alemania.

En cuanto a la gestión de las redes, en Alemania, a diferencia de España, (donde solo está REE), hay cuatro TSOs; 50Hertz, Amprion, Tennet y TransnetBW. Estos planifican y mantienen la red de alta tensión en el país y regulan las operaciones de la red. Estos cuatro TSOs están repartidos por zonas, de las cuales son responsables del correcto y seguro suministro de energía en las respectivas redes:



Ilustración 7: distribución geográfica de los cuatro TSO alemanes (ICEX, 2019)

Las implicaciones directas de que existan cuatro TSO radican en que, mientras en un mercado pool (como es el caso de España), los agentes envían ofertas al Operador del Mercado por cada una de sus centrales, en el caso de Alemania (y otros países como Francia o Países Bajos), cada TSO envía al Operador del Mercado las ofertas ya neteadas, sin necesidad de enviar ofertas individuales por cada una de sus centrales. Para cada hora, el balance de entradas y salidas de cada responsable de equilibrio tiene que estar compensado y, en caso contrario, el Operador del Sistema suministra la energía de desvío necesaria para equilibrar el perímetro (Esteve Giménez, 2020).

7.2. Descripción y análisis cualitativo de los sistemas de balance en Alemania

Al igual que en España y en Portugal, en Alemania las ofertas de energía se casan el día antes del despacho (por el Operador del Mercado), por lo que también existen unos servicios de balance del mercado eléctrico cuyo objetivo principal es el equilibrio de la oferta y la demanda en un momento más cercano a la entrega final de la demanda real.

Los principales servicios de balance que realizan esta labor en Alemania son:

- Regulación secundaria (aFRR o *Sekundarreserve*)
- Regulación terciaria (mFRR o *Minutenreserve*)
- Redispatch

7.2.1. Regulación secundaria (*Sekundarreserve* o aFRR)

Al igual que en el resto de países, el principal objetivo de la regulación secundaria en Alemania es el reemplazo de la reserva primaria cuando ésta deja de estar activada. El tiempo de activación y de ejecución de este servicio es el mismo que en España y Portugal: alcanzar la potencia máxima a los 30 segundos del fallo (tiempo máximo

necesario que tiene que aguantar la regulación primaria) y mantenerse durante 15 minutos.

De este modo, la habilitación que tienen que superar las plantas que quieren participar en este servicio tienen que superar una prueba también similar a la necesaria en los países de la península ibérica. El procedimiento comienza con el salto del valor de consigna y finaliza cuando la alimentación o el consumo de energía han abandonado permanentemente el valor medio de la fase anterior (suministro o reserva). Dicha activación, al ser de secundaria, ha de ser automática (a control remoto). Si el tiempo de reacción es mayor a 30 segundos, la unidad de generación de energía no se considera habilitada para participar en el proceso de regulación secundaria. El rango de estado estacionario comienza 5 minutos después del salto de consigna (a pesar de tener que responder en 30 segundos). A partir de ahí, se tiene que permanecer otros 5 minutos (10 desde el salto de consigna). Se toma por válido como valor de reserva secundaria de la unidad la media aritmética del valor del servicio estándar en toda el área (Regelleistung, 2018).

La siguiente figura ilustra los diferentes rangos de funcionamiento en la habilitación de la regulación secundaria en Alemania:

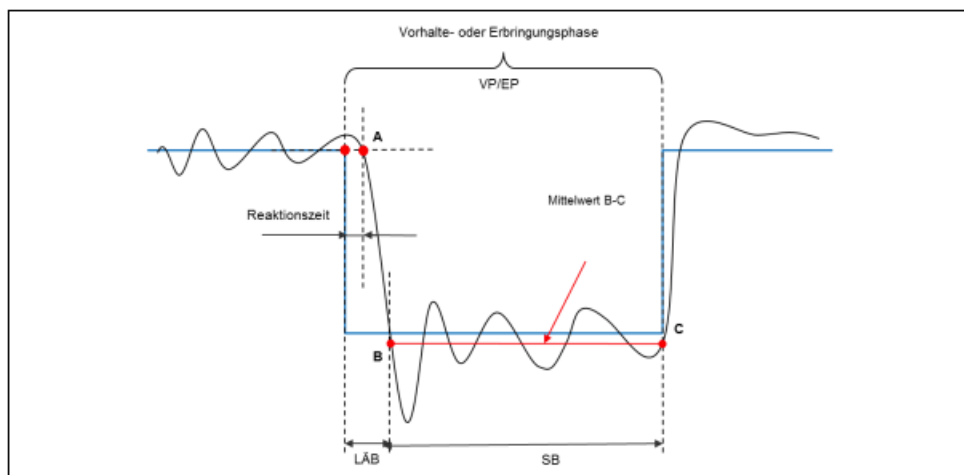


Ilustración 8: esquema del proceso de habilitación de aFRR en Alemania (Regelleistung, 2018)

En cuanto a las tecnologías que pueden entregar el servicio de regulación secundaria en Alemania, se encuentran el almacenamiento, las turbinas de gas, biogás, biomasa o centrales hidroeléctricas.

Por otro lado, el mercado de este servicio se divide (a diferencia de lo que ocurre en España y Portugal), en 6 bloques diarios de 4 horas cada uno:

- De 00:00 a 04:00. Cierre de ofertas a las 23:00 (día D-1), publicación de ofertas a las 23:15 (día D-1)

- De 04:00 a 08:00. Cierre de ofertas a las 03:00, publicación de ofertas a las 3:15
- De 08:00 a 12:00. Cierre de ofertas a las 7:00, publicación de ofertas a las 7:15
- De 12:00 a 16:00. Cierre de ofertas a las 11:00, publicación de ofertas a las 11:15
- De 16:00 a 20:00. Cierre de ofertas a las 15:00, publicación de ofertas a las 15:15
- De 20:00 a 00:00. Cierre de ofertas a las 19:00, publicación de ofertas a las 19:15

Además, el tamaño mínimo de oferta para poder participar en este servicio es, desde la introducción del “mercado de trabajo” en julio de 2018 (se detallará el funcionamiento de este mercado más adelante):

- 5MW como caso general, pudiendo presentar ofertas múltiples (es decir, divisibles para diferentes intervalos horarios)
- 1MW, con la condición de presentar ofertas simples (un precio y una cantidad de potencia/energía para todo el intervalo)

La forma de retribución por la entrega de este servicio es, a diferencia de España y Portugal, *pay-as-bid*, lo que supone que, en caso de casar oferta, se percibe el precio ofertado (aunque haya otras unidades que hayan ofertado más caro y hayan casado oferta). Tras el proceso de licitación, los GRT clasifican todas las ofertas, de la más baja a la más alta, en una lista de orden de mérito (MOL) basada en los precios de capacidad ofrecidos. A continuación, se adjudican primero los precios de capacidad más bajos, seguidos de las ofertas de precios de capacidad más caros hasta que se cubra la demanda requerida.

En cuanto al procedimiento del servicio, cuenta con un “mercado de energía de equilibrio” (Regelleistungsmarkt o Regelenergie, RLM), en el que tiene lugar un procedimiento de casación de banda similar al de España, y un “mercado de trabajo”, introducido en julio de 2018. Antes de esta introducción, tanto el mercado de banda secundaria como el mercado de la posterior entrega de energía tenían lugar en el “mercado de rendimiento”. Sin embargo, ahora la casación de banda tiene lugar en el antiguo mercado de energía de equilibrio (mercado de potencia), mientras que el de la entrega efectiva de energía tiene lugar en ese mercado de trabajo.

El intervalo en el que se puede presentar ofertas para el mercado de energía de equilibrio (banda) es más amplio que en España: desde el día D-7 hasta el día D-1 a las 9:00, publicándose las ofertas casadas a las 9:30 del día D-1 (media hora más tarde del cierre de ofertas). Desde ese momento, aquellas unidades que han casado banda pueden (si así lo desean), participar en el mercado de trabajo, cuyo cierre de su primer intervalo es a las 23:00 de ese mismo día (D-1).

Sin embargo, la principal novedad de este mercado es que permite también participar en el mercado de trabajo a aquellas unidades que no han sido casadas en el mercado de

energía de equilibrio (que no han casado banda). Mientras que, antes, los proveedores de secundaria tenían que ganar primero la subasta de precios de capacidad (banda secundaria) para poder entrar en la subasta de precios de energía, ahora pueden ofrecer directamente ofertas de trabajo en el mercado de trabajo de equilibrio incluso si no se les ha adjudicado previamente un contrato en el mercado de capacidad. De este modo, los participantes en la energía de control también pueden participar en la subasta de precios de la energía de control una vez finalizada la subasta de precios de la capacidad a través de las denominadas ofertas gratis, es decir, ofertas sin precio de la capacidad, y así influir en la asignación de la energía de control.

Tras cubrir la demanda de la banda (mercado de energía de equilibrio), los GRT liberan las ofertas que no han sido adjudicadas. De este modo, estas cantidades pueden comercializarse en otros lugares. De este modo, los proveedores de energía de control de SRL y MRL también pueden responder directamente a otros mecanismos del mercado, como la negociación intradía. Esta nueva normativa ofrece atractivas oportunidades de mercado para los proveedores flexibles habilitados para regulación secundaria. Los operadores de capacidades de almacenamiento y de energías renovables, en particular, deberían beneficiarse debido a esta mayor flexibilidad.

La introducción de “este mercado de trabajo” es la base nacional para el mercado interior europeo de reservas estándar y cumple el requisito del artículo 16, apartado 5, del EB-VO. Ofrece a los proveedores de reservas de control la oportunidad de ajustar las ofertas adjudicadas con éxito después de la finalización de la licitación de energía de equilibrio y/o presentar nuevas ofertas (sin precio de servicio). Esto da como resultado una nueva lista de orden de mérito para que los TSO se recuperen después de cada tiempo de cierre de puerta (GCT) en el mercado de trabajo (Regelleistung, 2020).

7.2.2. Regulación terciaria (*Minutenreserve* o mFRR)

El mercado de la regulación terciaria es prácticamente similar al de la regulación secundaria en Alemania y, por tanto, completamente diferente a cómo está orquestado dicho mercado en España o Portugal. En general, comparte con la regulación secundaria:

- Cuenta con un mercado de energía de equilibrio, donde se negocia la banda a casar, y un mercado de trabajo dividido en los mismos 6 bloques de 4 horas cada uno (mercado de energía), donde pueden participar tanto aquellos que han casado banda como los que no.
- La retribución del servicio es *pay-as-bid*
- La oferta mínima es 5MW (1MW en caso de presentar ofertas simples)
- Las tecnologías que pueden prestar el servicio son almacenamiento, las turbinas de gas, biogás, biomasa o centrales hidroeléctricas.

Por el contrario, difiere la regulación terciaria de la secundaria en los siguientes puntos:

- La activación del servicio es manual (en lugar de automática)
- El cierre del mercado de banda (del mercado de energía de equilibrio) es a las 10:00 del día D-1 y la publicación de ofertas, a las 10:30
- El tiempo de ejecución transcurre desde los 12,5 minutos después del fallo hasta una hora después (estos tiempos han cambiado para adaptarse a la nueva plataforma europea Mari)

5.2.1. Otros servicios de ajuste en Alemania: el *Redispatch*

En Alemania, en lugar de un mercado de restricciones técnicas como existe en España cuentan con el denominado *Redispatch*. Tan pronto como los TSO reciben todas las ofertas para todas las horas, crean una visión general de la generación y la consumición esperadas a nivel de red para el día siguiente mediante la realización de un cálculo del flujo de carga.

Con el fin de mantener el número de intervenciones a corto plazo en la operación de centrales eléctricas convencionales lo más bajo posible, el resultado del cálculo del flujo de carga es utilizado por los TSO el día anterior para posponer la producción de electricidad planificada. Como resultado, los cuellos de botella de la red se pueden evitar de antemano y de manera específica (Next, 2021)

En cuanto a características cuantitativas de este servicio, el redespacho solo se llevaba a cabo para plantas cuya capacidad es de 10MW o más. Sin embargo, esto ha cambiado con el *Redispatch 2.0*, el cual entró en vigor en octubre de 2021. A partir de entonces, todos los sistemas a partir de un tamaño de 0,1MW deben participar en el redespacho.

La implementación del redespacho se organiza a través de los llamados pares de centrales eléctricas, de modo que, por ejemplo, una planta de energía que está antes del cuello de botella de la red esperada recibe instrucciones de producir menos electricidad y otra que está detrás del cuello de botella de la red esperada para producir más electricidad. Eso sí, esto no cambia la suma de la alimentación de electricidad, sino solo la distribución local de la producción.

El objetivo del *Redispatch 2.0* es la reducción de costes de reexpedición y gestión de la alimentación, los cuales han aumentado en los últimos años, y lograr una eliminación no discriminatoria de los cuellos de botella en la red. Los beneficios que pretende traer son los siguientes:

- Más eficiente (menos costes)

- Más transparente (actualmente, no es público cómo las centrales calculan sus reclamos de compensación)
- Más actores participantes, aliviando más rápido las congestiones

7.3. Análisis cuantitativo de los sistemas de balance en Alemania

En cuanto al análisis cuantitativo de los sistemas de balance en Alemania, se analizarán también los mercados de la regulación secundaria y la regulación terciaria. Los datos obtenidos son los datos oficiales publicados por Regelleistung. Además, en el caso del *Redispatch* y la reserva de sustitución, Regelleistung no ofrece los datos necesarios para poder realizar un correcto análisis.

Cabe tener en cuenta dos elementos importantes en cuanto a este análisis (tanto para secundaria como para terciaria):

- Hay datos en Regelleistung desde 2018 hasta la actualidad para estos servicios
- El mercado de trabajo se implementó finalmente en noviembre de 2020, por lo que esta es la fecha en la que comienza a haber datos de este mercado. Tampoco hay datos antes sobre la energía negociada (en MW o MWh) en estos mercados

Por estas dos razones, el intervalo de tiempo analizado para estos dos servicios en Alemania es desde el 1 de noviembre del 2020 al 31 de diciembre de 2021.

Además, dentro de cada variable se analizará tanto el mercado de energía de equilibrio (banda) como el mercado de trabajo (energía).

7.3.1. Regulación secundaria (aFRR o *Sekundarreserve*)

Número de convocatorias

Se procede a analizar el número de convocatorias en el periodo analizado (porcentaje sobre 8.760 horas anuales), para regulación secundaria (tanto banda como energía entregada):

	nov,dic-2020	2021
Banda a subir	100%	100%
Banda a bajar	100%	100%
Mercado trabajo (energía a subir)	100%	100%
Mercado trabajo (energía a bajar)	100%	100%

Tabla 20: convocatorias anuales de regulación secundaria en Alemania, nov.2020-dic.2021

Se observa que, desde la introducción del mercado de trabajo (noviembre 2020), se convoca tanto el mercado de energía de equilibrio (banda) y el mercado de trabajo (energía) en la totalidad de las ventanas horarias en las que se puede convocar (el mercado de trabajo se introdujo el 3 de noviembre, de ahí la diferencia respecto a la banda).

Precio y spread

Precio de banda secundaria (mercado de energía de equilibrio)

A continuación, se analiza la evolución, para el intervalo analizado, de los valores de la banda de regulación secundaria. Cabe tener en cuenta dos aspectos importantes:

- En Alemania, este valor de precio no es el mismo a subir que a bajar, a diferencia de en España
- Al ser el servicio *pay-as-bid*, los datos que aporta Regelleistung son, tanto para banda como energía, el precio mínimo al que ha casado una de las ofertas, el precio medio de todas las ofertas casadas, y el precio marginal (que es el precio de la última oferta que ha casado en ese intervalo horario)

Teniendo en cuenta estos dos aspectos, se procede a graficar la evolución de la medias mensuales de los precios mínimo, medio y máximo del mercado de capacidad de regulación secundaria en Alemania:

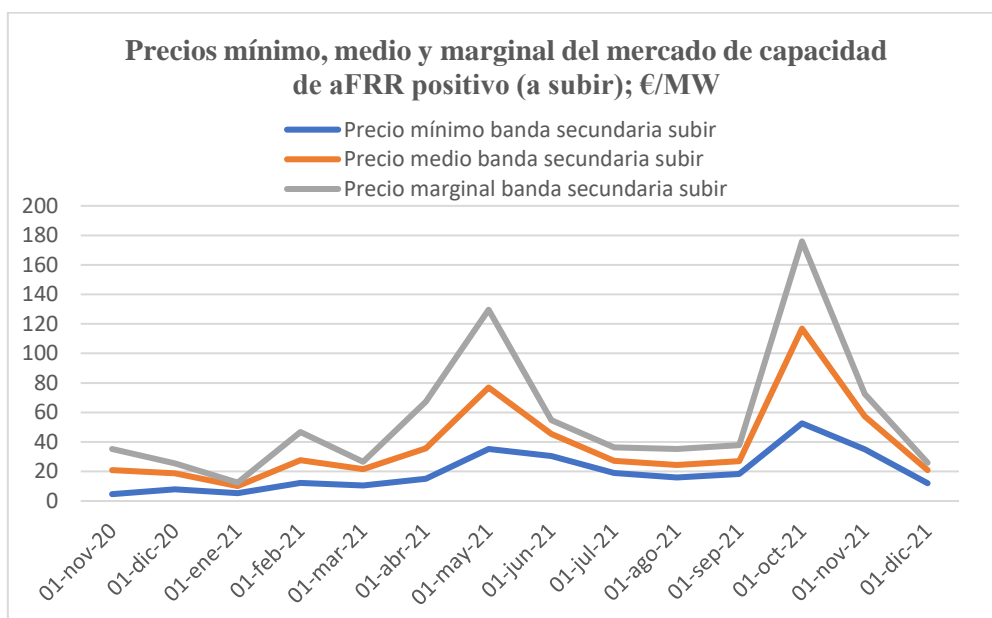


Gráfico 21: precio mínimo, medio y marginal del mercado de banda secundaria a subir en Alemania, nov.2020-dic.2021

Se pueden realizar las siguientes apreciaciones:

- El precio mínimo, medio y máximo están correlados

- A pesar de los picos de mayo y octubre de 2021, la media mensual de los precios se suele mover en el intervalo 20-40 €/MW

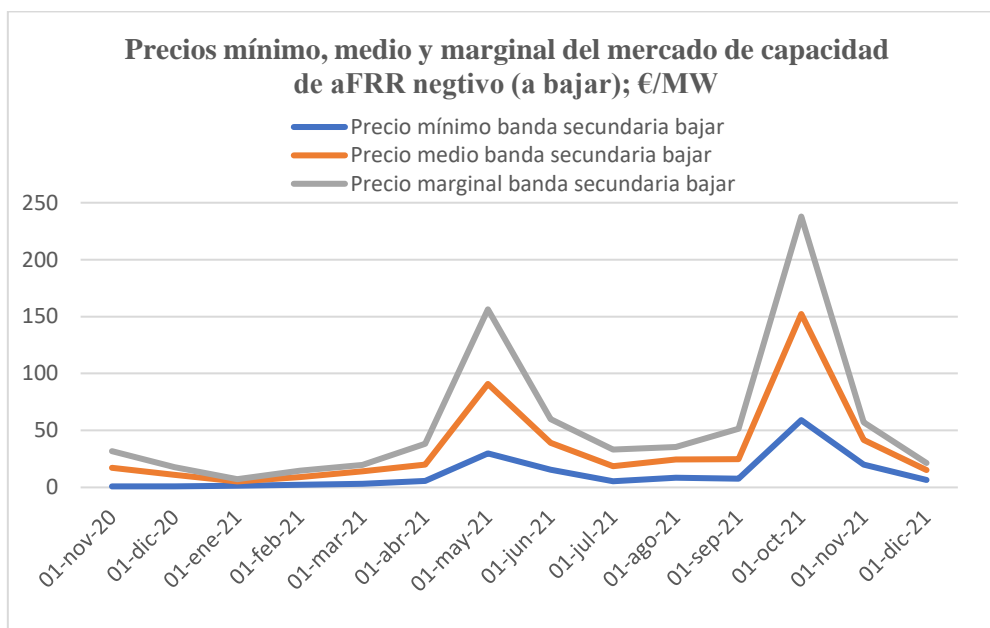


Gráfico 22: precio mínimo, medio y marginal del mercado de banda secundaria a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021

Se puede apreciar que la diferencia entre los precios marginal, medio y mínimo es menor en la banda secundaria a bajar.

Tomando el precio medio como referencia, se compara ahora el precio de la banda a subir y a bajar en el intervalo temporal analizado:

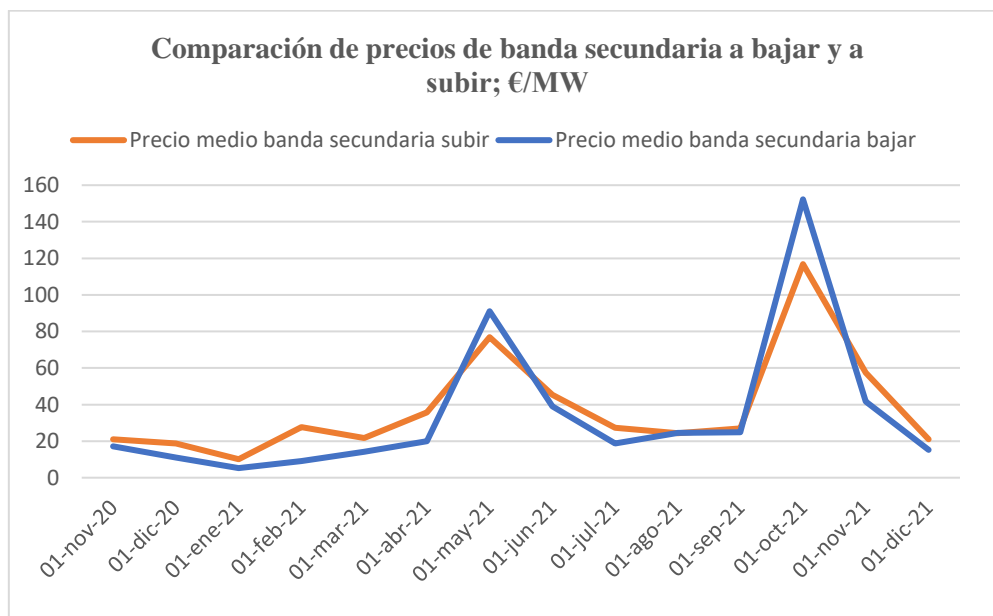


Gráfico 23: comparación de precio medio de banda secundaria a subir y a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021

Se observa que el precio de la banda, a pesar de no ser el mismo, es similar a subir y a bajar. Esto se confirma calculando la media anual de 2021 del precio medio de banda secundaria en Alemania, que fue de 38€/MW a bajar y 41€/MW a subir.

Spreads de energía del mercado de trabajo

Se analiza a continuación la evolución interanual de los spreads mínimo, medio y marginal de la energía del mercado de trabajo de la regulación secundaria, tanto a subir como a bajar:

medias mensuales de precio mínimo, medio y marginal del mercado de trabajo de regulación secundaria a subir en Alemania

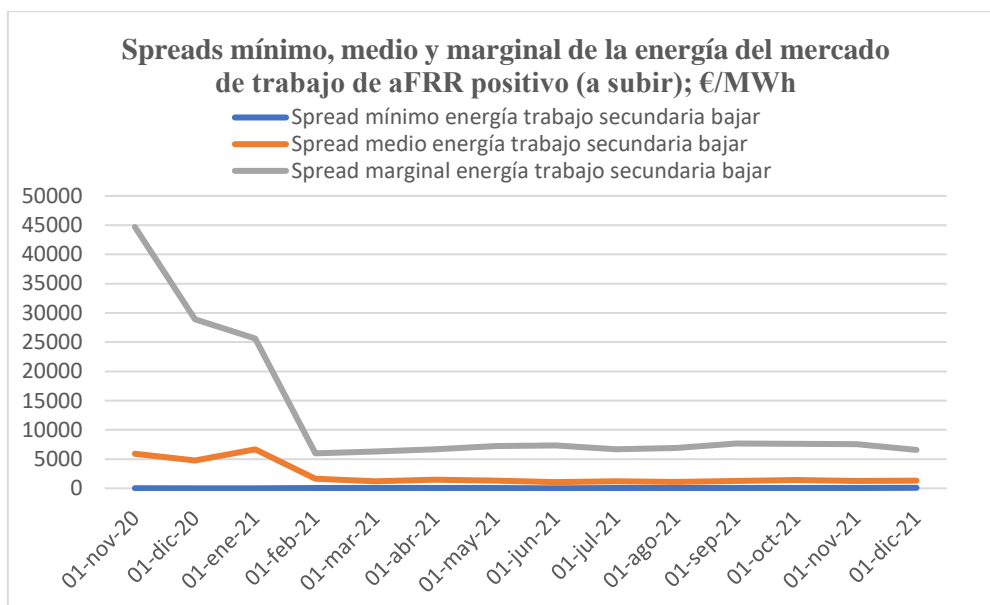


Gráfico 24: spreads mínimo, medio y marginal de la energía del mercado de trabajo de regulación secundaria a subir en Alemania, nov.2020-dic.2021

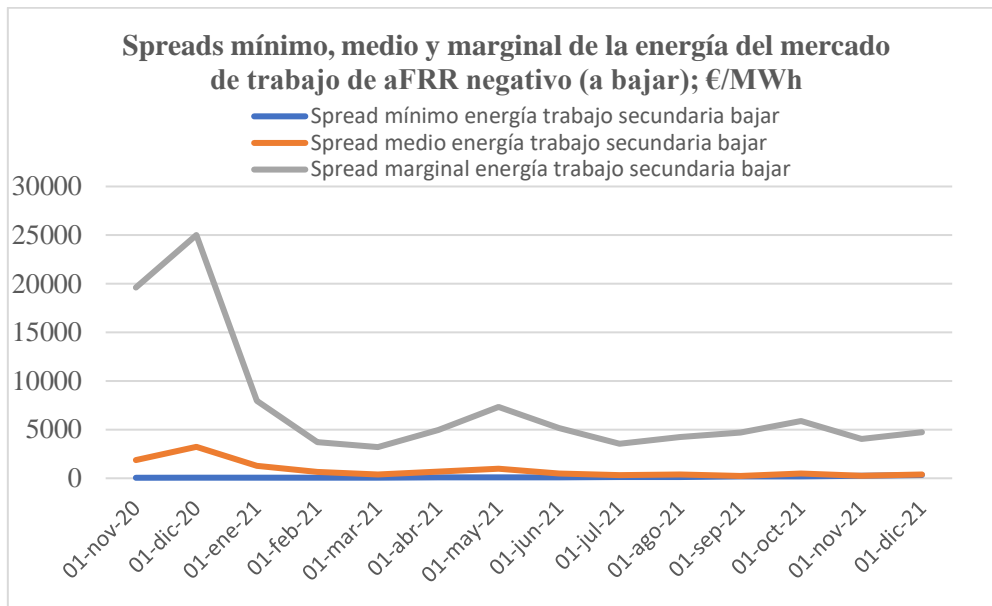


Gráfico 25: spreads mínimo, medio y marginal de la energía del mercado de trabajo de regulación secundaria a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021

De estas gráficas se puede concluir que, en los primeros meses en los que se introdujo el mercado de trabajo, los precios y, por tanto, los spreads, estuvieron más altos (del orden de 25-45k€ para el precio marginal y 3-5k€ para el precio medio), estabilizándose en los siguientes en valores más bajos.

En la siguiente gráfica, se puede observar la evolución de los spreads medios (calculados a raíz de los precios medios), respecto al mercado diario, a subir y a bajar en el mercado de trabajo de regulación secundaria:

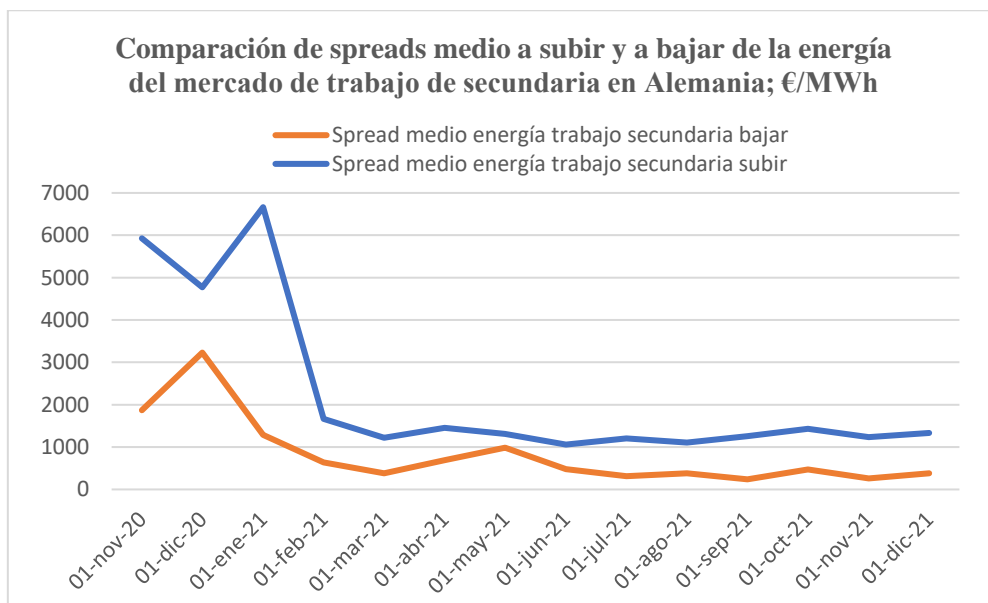


Gráfico 26: comparación de spreads medio de energía de mercado de trabajo de regulación secundaria a subir y a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021

Se puede concluir, tomando medias de 2021:

- El spread medio de la energía del mercado de trabajo de la regulación secundaria a subir es mayor que a bajar. En concreto, en el periodo analizado, la media mensual del spread medio a subir es 1.751 €/MWh, mientras que es 544 €/MWh a bajar
- Estos spreads son mucho mayores que en el mercado de energía secundaria en España (medias de 17 €/MWh a bajar y 3 €/MWh a subir)

Cantidad negociada

Se analiza ahora la cantidad negociada en el mercado de regulación secundaria en Alemania:

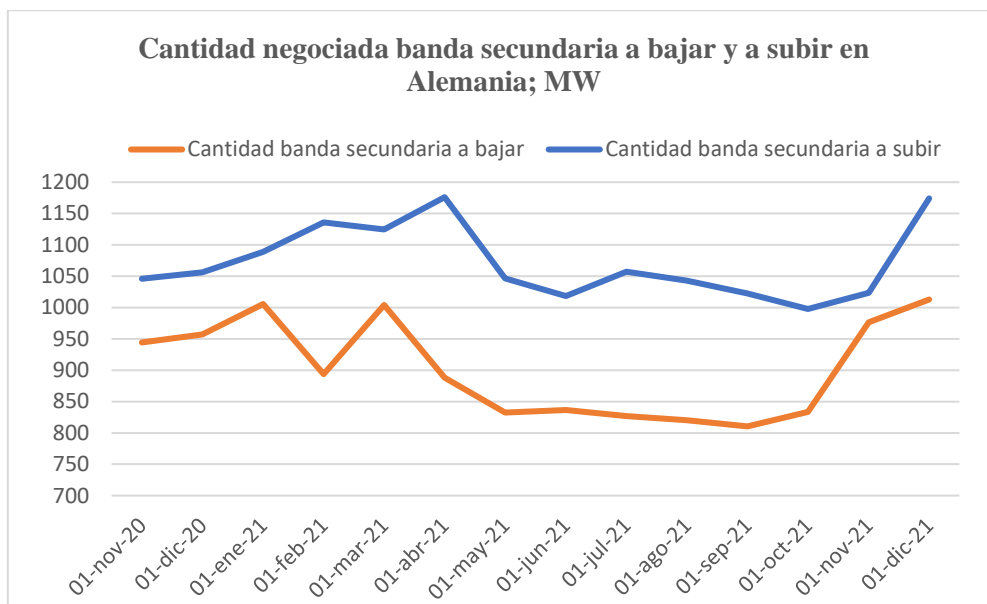


Gráfico 27: comparación interanual de cantidad negociada de banda secundaria a subir y a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021

Se concluye que la banda casada en regulación secundaria es mayor que la cantidad de banda casada a bajar, aunque en los últimos meses de 2021 esta diferencia disminuyó.

En la siguiente gráfica, se muestra la cantidad de energía negociada en el mercado de trabajo de energía secundaria a subir y a bajar:

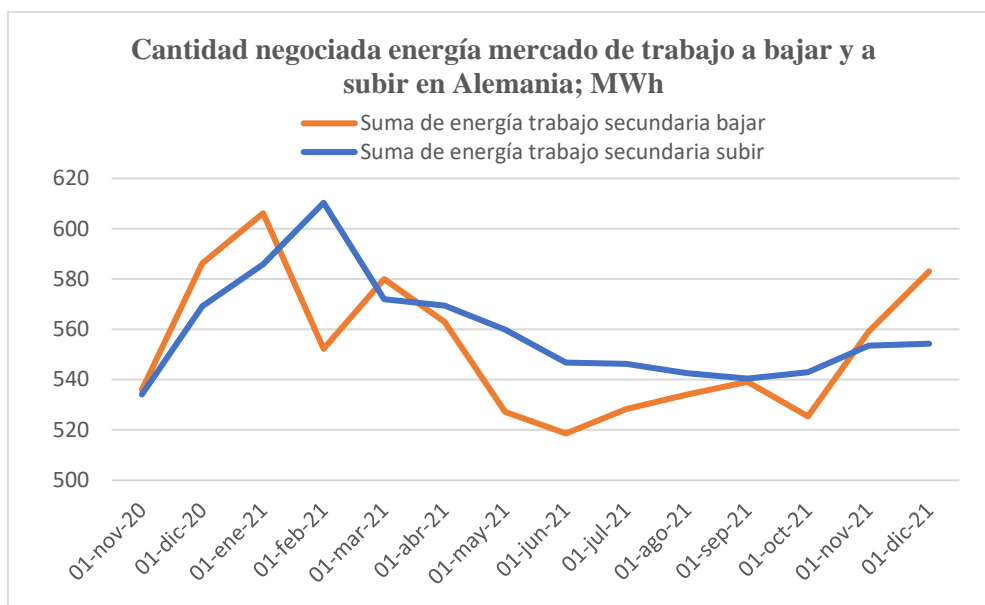


Gráfico 28: comparación de cantidad de energía negociada en el mercado de trabajo de regulación secundaria a subir y a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021

Si analizamos ahora cuánto supone esta energía sobre la banda casada, vemos que el resultado es un porcentaje superior al de España (donde el porcentaje de cantidad de energía sobre banda casada es del orden del 30%). Datos de 2021:

	Bajar	Subir
Asignación banda (MW)	895	1087
Energía utilizada (MW)	551	560
Porcentaje de energía utilizada sobre banda	61,6%	51,5%

Tabla 21: porcentaje de energía negociada sobre banda casada de regulación secundaria, a bajar y a subir, en Alemania, 2021

Liquidez

Multiplicando los spreads de energía en el mercado de trabajo por la cantidad negociada en esa hora, obtenemos la liquidez de este mercado. Sumando la liquidez resultante de todas las horas de 2021, obtenemos los siguientes resultados:

- **Liquidez energía de mercado de trabajo de regulación secundaria a subir en 2021: 8.534 M€**
- **Liquidez energía de mercado de trabajo de regulación secundaria a bajar en 2021: 2.518 M€**

- **Total de liquidez en el mercado de trabajo de regulación secundaria en 2021 en Alemania:** 11.052 M€
-

Esta liquidez es mucho mayor que en España (15,2 M€ y 34,8 M€ respectivamente), siendo la principal razón la gran diferencia de spread en el mercado de un país y del otro.

7.3.2. Regulación terciaria (mFRR o *Minutenreserve*)

Como se ha comentado anteriormente, la reserva terciaria es muy similar a la reserva secundaria en Alemania: cuenta con un mercado de energía de equilibrio o de banda, y un mercado de trabajo donde se negocia la energía y donde pueden participar también aquellas unidades habilitadas que no han casado banda. Por tanto, se analizará con un procedimiento similar.

Número de convocatorias

Se procede a analizar el número de convocatorias en el periodo analizado para regulación secundaria (tanto banda como energía entregada):

	nov,dic-2020	2021
Banda a subir	100%	100%
Banda a bajar	100%	100%
Energía a subir	100%	99%
Energía a bajar	100%	99%

Tabla 22: convocatorias de regulación terciaria en Alemania, nov.2020-dic.2021

Al igual que la reserva secundaria, la banda de reserva terciaria se convoca en el la totalidad de las ventanas horarias, mientras que se convocó el mercado de trabajo un 99% de las horas (8.708/8.760).

Precio y spread

Precio de banda secundaria (mercado de energía de equilibrio)

A continuación, se analiza la evolución, para el intervalo analizado, de los valores de la banda de regulación terciaria. Al igual que en secundaria, el precio de banda a subir y a bajar no es el mismo, y se cuenta con precios mínimos, medios y marginales al ser el servicio *pay-as-bid* (se tomará habitualmente el precio medio como referencia).

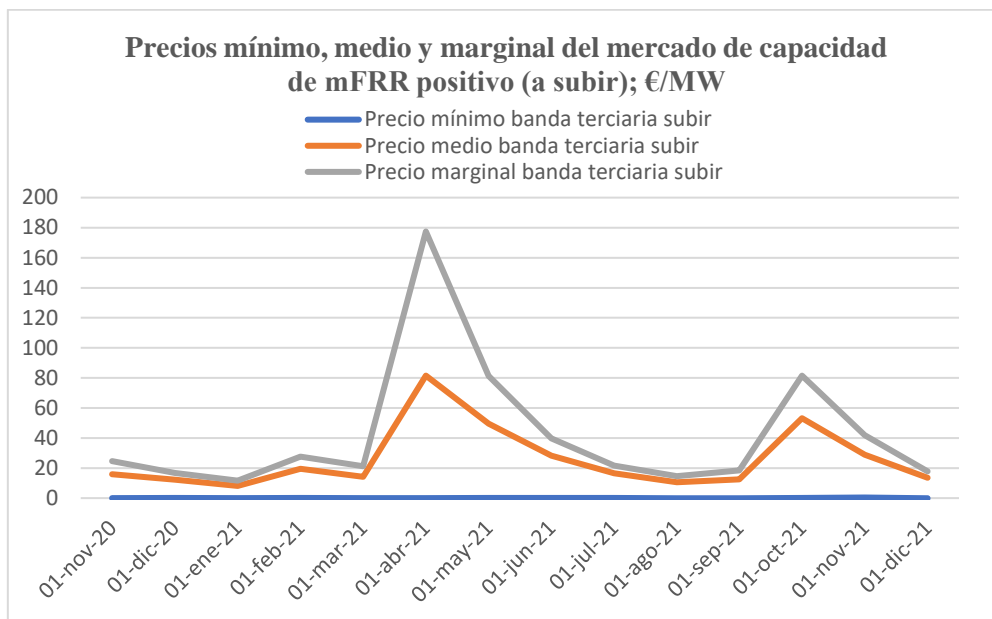


Gráfico 29: medias mensuales de precio mínimo, medio y marginal del mercado de banda terciaria a subir en Alemania, nov.2020-dic.2021

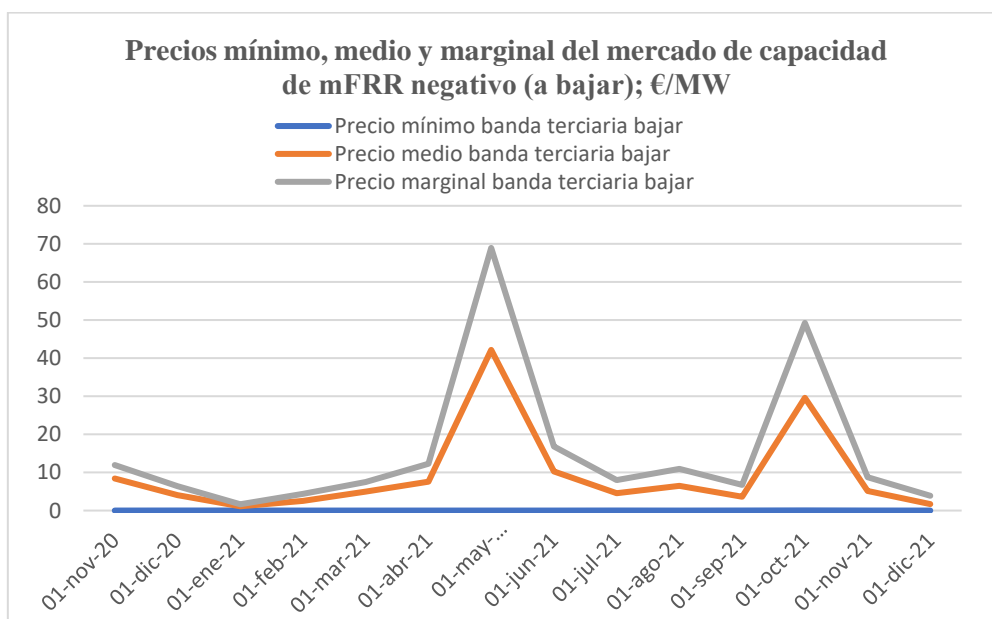


Gráfico 30: medias mensuales de precio mínimo, medio y marginal del mercado de banda terciaria a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021

Se puede concluir que:

- La media de precio mínimo de banda en terciaria es prácticamente nula en todos los meses (no supera en ninguno 1 €/MW), lo que indica que hay unidades que prefieren casar banda sin retribución a no casar
- Los picos coinciden (abril, mayo, octubre) con los de banda secundaria, lo que revela cierta correlación entre ambos precios

Se compara ahora el precio medio de la banda terciaria a subir y a bajar:

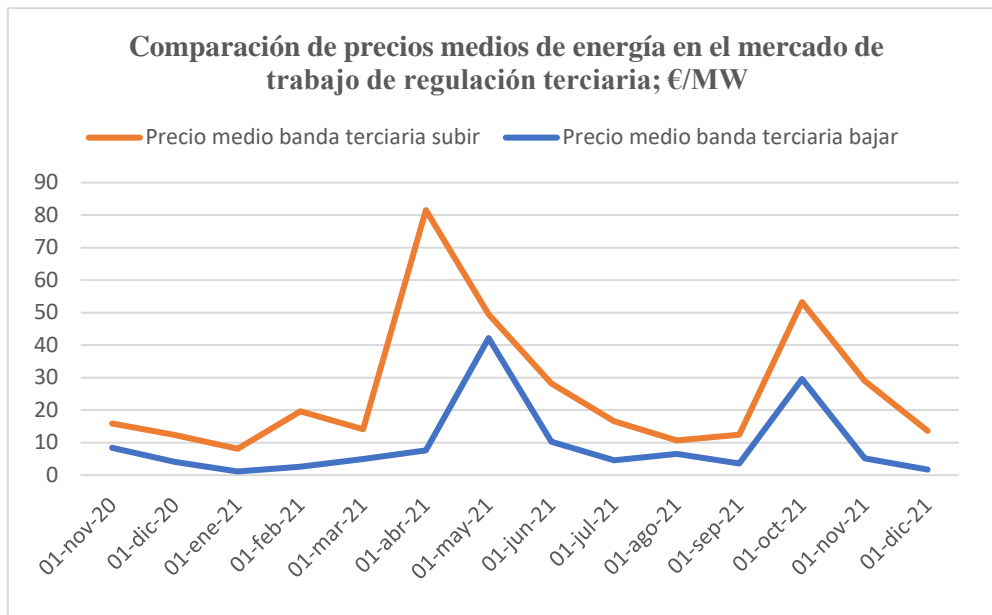


Gráfico 31: comparación de precio medio de energía de mercado de trabajo de regulación terciaria a subir y a bajar en Alemania, nov-2020-dic.2021

Se observa que ambos precios, al igual que ocurría en secundaria, están altamente correlados. Si realizamos una breve comparación entre los precios de banda secundaria y banda terciaria, tomando como referencia precios medios y datos de 2021:

	Bajar	Subir
Banda secundaria	38,0	40,8
Banda terciaria	10,1	28,0

Tabla 23: comparación precios medios de banda secundaria y terciaria en Alemania, 2021

Se puede concluir que:

- El precio de la banda secundaria fue, de media, mayor (27,9 €/MW a subir y 12,8 €/MW a bajar)
- La diferencia entre banda a subir y banda a bajar es mayor en la banda terciaria que en la banda secundaria

Spreads de energía del mercado de trabajo

Analizando la evolución de los spreads mínimo, medio y marginal de la energía del mercado de trabajo de la regulación secundaria, tanto a subir como a bajar, se obtienen los siguientes resultados:

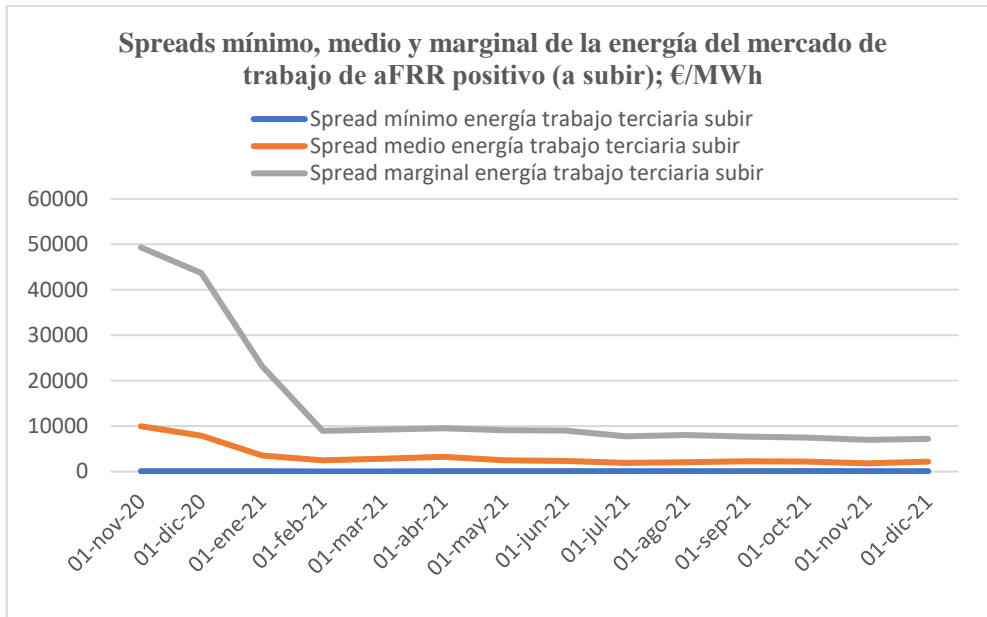


Gráfico 32: spreads mínimo, medio y marginal de la energía del mercado de trabajo de regulación terciaria a subir en Alemania, nov.2020-dic.2021

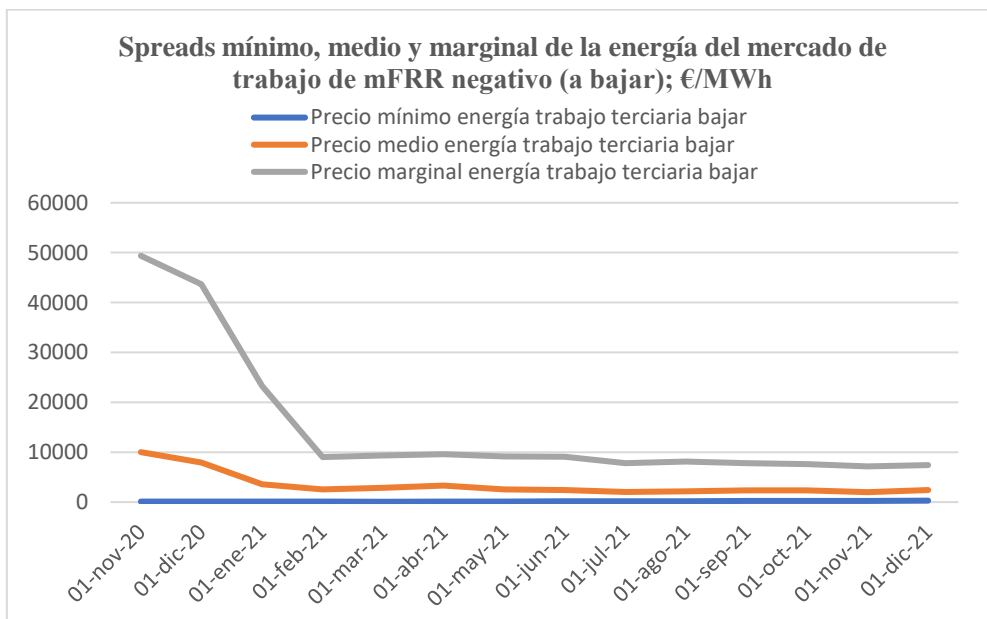


Gráfico 33: spreads mínimo, medio y marginal de la energía del mercado de trabajo de regulación terciaria a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021

Al igual que ocurría en regulación secundaria, en los primeros meses en los que se introdujo el mercado de trabajo, los spreads estuvieron más altos, estabilizándose a partir de febrero en valores más bajos. Además, si comparamos estos spreads respecto a los de regulación secundaria, vemos que los precios de energía del mercado de trabajo de terciaria son ligeramente superiores.

Tomando ahora como referencia los spreads medios de estos mercados, se procede a realizar la comparación de la energía del mercado de trabajo (tomando precios medios como referencia) de regulación secundaria a subir y a bajar (datos de 2021):

	Bajar	Subir
Energía regulación secundaria	544,4	1750,7
Energía regulación terciaria	1311,2	2455,0

Tabla 24: comparación de spreads medios de energía en el mercado de trabajo de secundaria y terciaria en Alemania

Por tanto, se puede concluir que el mercado de trabajo en la regulación terciaria, a pesar de tener menor precio de banda, tiene un mayor spread en el mercado posterior donde se negocia la energía.

Se compara a continuación la evolución del spread medio de la energía de regulación del mercado de trabajo de terciaria en Alemania:

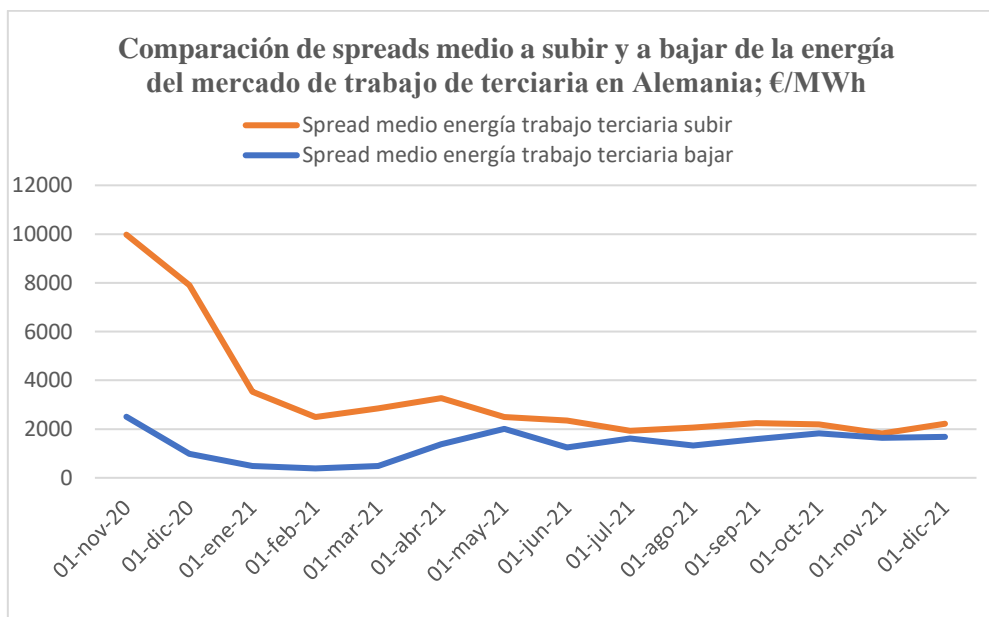


Gráfico 34: comparación spreads medios energía mercado de trabajo de terciaria a subir y a bajar en Alemania, nov-2020-dic.2021

Se puede observar que, en los primeros meses en los que se introdujo el mercado de trabajo, la diferencia entre el spread de energía a subir y a bajar era mayor, y ha ido disminuyendo a lo largo de los meses hasta equipararse los spreads.

Cantidad negociada

Se analiza a continuación la cantidad negociada en el mercado de regulación terciaria en Alemania (tanto banda como energía):

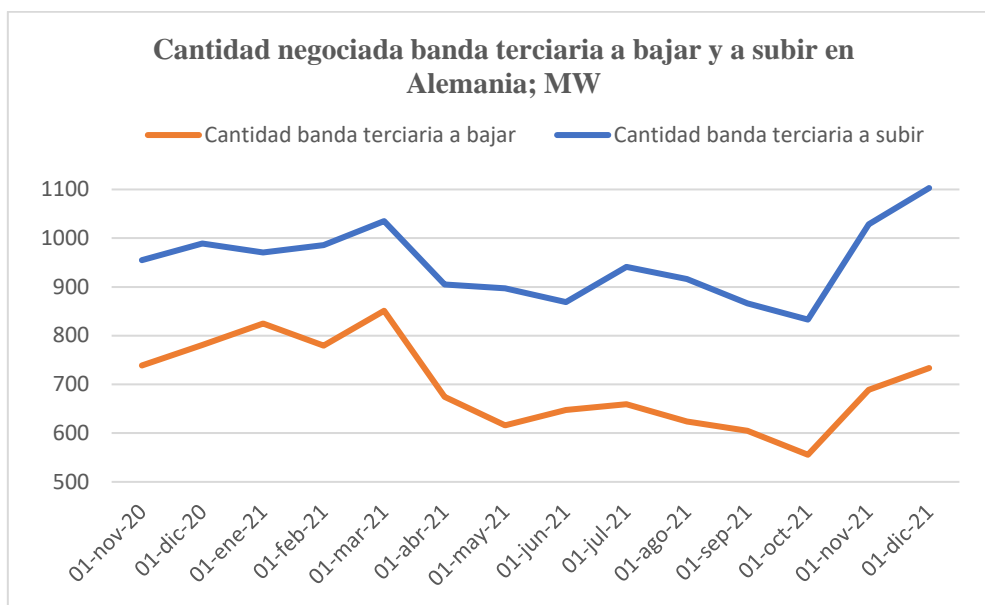


Gráfico 35: cantidad negociada banda terciaria a subir y a bajar en Alemania, nov.2020-dic.2021

Al igual que ocurre en la regulación secundaria, se casa más banda a subir que a bajar, siendo esta diferencia mayor en la regulación terciaria (191 MW en secundaria y 258 MW en terciaria, con datos de 2021).

Atendiendo ahora al mercado de trabajo, se muestra en la siguiente gráfica, la cantidad de energía negociada en ese mercado en regulación terciaria:

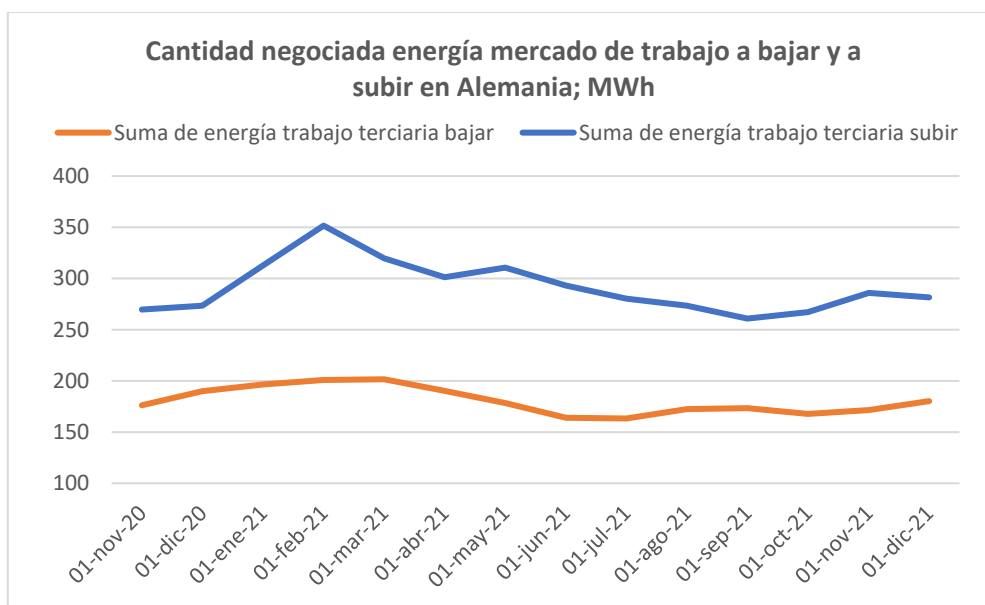


Gráfico 36: comparación de cantidad de energía negociada en el mercado de trabajo de regulación terciaria a subir y a bajar en Alemania, nov-2020-dic.2021

Si realizamos el mismo análisis que en secundaria del porcentaje de energía negociada sobre banda casada, se observa que es menor en el caso de la regulación terciaria:

	Bajar	Subir
Asignación banda (MW)	688	946
Energía utilizada (MW)	180	295
Porcentaje de energía utilizada sobre banda	26,2%	31,1%

Tabla 25: porcentaje de energía negociada sobre banda casada de regulación terciaria, a bajar y a subir, en Alemania, 2021

Se puede concluir que en secundaria se negocia más energía sobre la banda casada (estos porcentajes son 61,6% y 51,5%), lo cual es consecuente con los precios de cada mercado, donde en secundaria el precio de banda es más bajo en terciaria, mientras que en el precio de energía es más bajo en regulación secundaria.

Liquidez

Finalmente, se analiza también la liquidez del mercado de trabajo de la regulación terciaria en Alemania (multiplicando spreads por cantidades para cada hora y agregándolas, datos de 2021):

- **Liquidez energía de mercado de trabajo de regulación terciaria a subir en 2021:** 6.317 M€
- **Liquidez energía de mercado de trabajo de regulación terciaria a bajar en 2021:** 1.950 M€
- **Total de liquidez en el mercado de trabajo de regulación terciaria en 2021 en Alemania:** 8.267 M€

Al igual que ocurre con la regulación secundaria, esta liquidez es mucho mayor que en España (40,2 M€ y 40,8 M€ respectivamente), siendo también la principal razón la gran diferencia de spread en el mercado de un país y del otro.

8. Análisis de los sistemas de balance en Italia

8.1. Breve introducción al mercado eléctrico italiano

La liberalización del mercado de la electricidad en Italia fue introducida con el decreto Bersani en 1999. Este documento recogía las directrices de la Directiva comunitaria 96/92/CE del Parlamento Europeo, y preveía una liberalización gradual de las actividades que envolvían al mercado eléctrico en Italia (producción y compraventa de electricidad).

El 15 de junio de 2007, el Consejo de Ministros italiano aprobó un decreto ley para la liberalización del mercado eléctrico de cara a los consumidores particulares, los cuales pudieron a partir de esa fecha elegir libremente la comercializadora a la que contratar energía.

A pesar de la liberalización, un análisis de ACER (Agencia de Cooperación de los Reguladores de la Energía en Europa) reveló que el nivel de concentración del mercado en Italia es todavía muy alto, siendo Enel el principal proveedor con una cuota de más del 80% en el suministro de electricidad a los hogares.

En Italia, el Operador del Mercado es el Gestor del Mercado Italiano (GME), que se encarga de gestionar la Bolsa de Energía Italiana (IPEX por sus siglas en inglés). Fue introducido con la liberalización de 1999. Se encarga, al igual que en el resto de países estudiados, de la casación de cada una de las 24 horas

Por otro lado, el Operador del Sistema es Terna, gestionando la red de transporte eléctrica italiana. Es, por tanto, quien gestiona los servicios de balance del mercado eléctrico italiano. En Italia, al conjunto de adquisiciones y posterior suministro de los servicios necesarios para garantizar la seguridad del sistema eléctrico nacional se le conoce con el nombre de despachamiento (*dispacciamento*) (Galliani, 2020).

Este servicio de despachamiento se organiza, desde 2018, en 7 grandes zonas de regulación:

- Norte (NORD)
- Centro Norte (CNORD)
- Centro Sur (CSUD)
- Sur (SUD)
- Calabria (CADA)
- Sicilia (SICI)
- Sardeña (SARD)

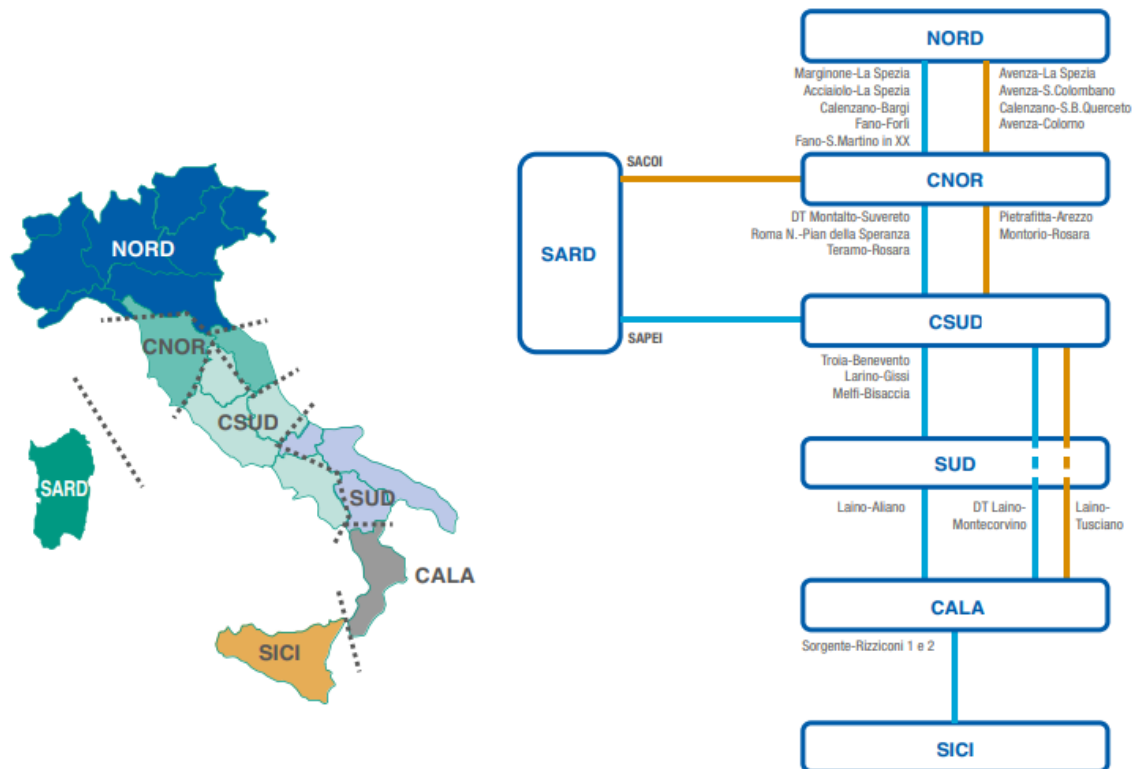


Ilustración 9: zonas de regulación en Italia (TERNA, 2018)

Las cinco primeras zonas componen la denominada macrozona “Continente”. Del mismo modo, dentro de continente, existen las macrozonas Norte (incluiría solo la zona Norte) y Sur (incluye las zonas Centro Norte, Centro Sur, Sur y Calabria).

En Italia, los datos mostrados por Terna (el TSO) son únicamente los datos del precio de servicio de despachamiento (el cual es el resultante de los servicios desagregados de reserva secundaria y terciaria). Por tanto, en el caso de Italia, se procede únicamente a realizar el análisis cualitativo de estos mercados.

8.2. Análisis cualitativo de los sistemas de balance en Italia

8.2.1. Regulación secundaria (*riserva sincondaria*)

El objetivo de la reserva secundaria en Italia es similar al del resto de países: el equilibrio generación-demanda y la corrección de los desvíos respecto al programa casado en el día anterior al despacho. La activación debe ser automática, y también es un servicio de carácter potestativo.

Cuenta, igualmente, con dos fases: la disposición de una banda secundaria en la que los agentes casan una cantidad tanto a subir como a bajar (respetando la oferta de los agentes la relación subir/bajar de cada hora). Los agentes que casan banda en este mercado de potencia, tienen que estar disponibles para entregar la energía de regulación secundaria

el día del despacho, en caso de que así se les requiera. Al igual que en Alemania, la retribución de la regulación secundaria (tanto banda como energía entregada) en el caso de Italia es *pay-as-bid* (al precio de la oferta presentada).

La necesidad de reserva de potencia activa secundaria se determina en función de la normativa de ENTSO-E, teniendo también en cuenta la seguridad de funcionamiento de la interconexión entre el continente y Sicilia y Cerdeña, teniendo en cuenta, en el caso de las islas, la contribución a la función de regulación que aportan las propias interconexiones.

Este requisito se define por periodo horario, para los agregados de las zonas geográficas definidas anteriormente y que están en función de la previsión de la demanda de electricidad para el mismo agregado y período de tiempo. El horario para la presentación de ofertas para entregar reserva de regulación secundaria es en el día D-1 (día anterior al despacho), de 12:55 a 17:30.

El tiempo de activación completo de la reserva de regulación secundaria en Italia es de 200 segundos, el cual es menor que en los países anteriormente estudiados. La prueba de habilitación de regulación secundaria en Italia es igual, en formato, a la experimentada en España, por lo que es más exigente (hay que llegar a la potencia nominal en menos tiempo). Por otro lado, el tiempo de respuesta debe ser de 30 segundos.

8.2.2. Regulación terciaria (*riserva terziaria*)

El servicio de regulación terciaria en Italia cuenta con tres tipos de regulación terciaria (TERNA, 2018):

- Reserva terciaria pronta
- Reserva terciaria rotante
- Reserva terciaria de sustitución

Reserva terciaria pronta

Para cada periodo horario, se define una cantidad de reserva terciaria pronta, la cual deberá estar dimensionada para hacer frente a alguno de los siguientes eventos:

- Restablecimiento total de las reservas secundarias del agregado.
- Retraso/anticipación de la demanda de electricidad con respecto a la previsión de la demanda, en particular durante las rampas de carga/picos de carga netos de la alimentación de las plantas fotovoltaicas y del intercambio previsto con el extranjero.

El objetivo de esta reserva es reponer la banda de reserva secundaria dentro del plazo de regulación de ENTSOE y mantener el balance del sistema en caso de variaciones rápidas en la demanda.

La reserva terciaria pronta consiste en el aumento (disminución) de la energía que puede inyectarse (retirarse) de la red en un plazo de 15 minutos a partir de la solicitud de Terna. Entre las características técnicas exigidas a las unidades de producción, está la capacidad de variar el aumento (disminución) de su producción con un gradiente de, al menos, 50MW/min. Esta reserva la prestan principalmente la producción y el bombeo.

Reserva terciaria rotante

Para cada periodo horario, la reserva terciaria rotante de un conjunto zonal deberá estar dimensionada para garantizar, al menos, el restablecimiento completo de las necesidades de reservas secundarias y terciaria pronta.

Con el fin de garantizar la utilidad de la reserva terciaria rotante para el control de intercambios programados en el restablecimiento de la reserva terciaria pronta y la reserva secundaria de la zona Continente, la reserva terciaria rotante de la zona Norte no será inferior a dicha suma.

En cada zona, el requisito de reserva terciaria de rotación ascendente se dimensionará para hacer frente a la indisponibilidad no programada de la producción termoeléctrica, en un valor no inferior al máximo valor posible, calculado este como la suma de todas las unidades termoeléctricas de la zona del programa final acumulado, añadiéndole a este valor las cantidades ya calculadas de reserva secundaria y terciaria pronta.

Igualmente, esta reserva (al igual que la reserva terciaria en España y Portugal) debe ser entregada en 15 minutos y poder ser mantenida durante al menos dos horas.

Reserva terciaria de sustitución

Para cada periodo horario, la necesidad de reserva terciaria de sustitución de una zona se dimensiona para hacer frente a alguno de los siguientes sucesos:

- Indisponibilidad no planificada de la producción termoeléctrica, en cantidad no inferior al valor máximo, calculado entre todas las unidades de producción termoeléctricas presentes en la zona, del programa final acumulado de una unidad de producción
- Error de previsión de la demanda o de la producción de fuentes renovables del conjunto de la zona
- La no producción de una unidad de producción termoeléctrica

9. Proyectos europeos de unificación de regulación secundaria y terciaria

El 18 de diciembre de 2017 entró en vigor el Reglamento (UE) 2017/2195 de la Comisión Europea, de 23 de noviembre de 2017, por el que se establecen las directrices para el balance del sistema eléctrico a nivel europeo. El objetivo del Reglamento de Equilibrio es promover la integración de la gestión de equilibrio de los países de la UE para garantizar un suministro eficiente de servicios de balance.

Los respectivos TSO de cada país tendrán la responsabilidad, en lo relativo a estas plataformas, de:

- Diseño, desarrollo y uso de estas plataformas para el intercambio de estos productos (secundaria y terciaria), siguiendo un modelo multilateral entre los países implicados, con activación de ofertas por orden de mérito económico
- Definición de condiciones y metodologías armonizadas regionales y/o de la UE sobre diferentes cuestiones relacionadas con el horizonte del tiempo real
- Liquidación a los proveedores de estos volúmenes activados de energía de balance, liquidación de los intercambios de energía con otros operadores, así como de la liquidación de los desvíos a cada sujeto de liquidación responsable del balance

La asociación encargada de liderar la puesta a punto de estas plataformas es la Red Europea de Redes de Transporte de Electricidad (ENTSOE por sus siglas en inglés).

9.1. Plataforma PICASSO (regulación secundaria)

La plataforma para la Coordinación Internacional de Frecuencia de Restauración Automática y Operación del Sistema Estable (PICASSO, por sus siglas en inglés) es el proyecto de ejecución aprobado por los TSO de los países miembros de este proyecto, para establecer la plataforma europea para el intercambio de energía de equilibrio procedente de reservas de restauración de frecuencias con activación automática (en definitiva, regulación secundaria).

Los principales objetivos del proyecto son (según ENTSOE):

- Diseñar, implementar y operar una plataforma aFRR que cumpla con las versiones aprobadas de la pertinente directriz europea
- Mejorar la eficiencia económica y técnica dentro de los límites de la seguridad del sistema
- Integrar los mercados europeos de aFRR
















30 TSOs + ENTSO-E (Observer)		
PICASSO Members (26 TSOs)		PICASSO Observers (4 TSOs + ENTSO-E)
Austria 	Hungary 	Latvia 
Belgium 	Italy 	Lithuania 
Croatia 	The Netherlands 	Estonia 
Czech Republic 	Norway 	North Macedonia 
Denmark 	Poland 	ENTSO-E 
Finland 	Portugal 	
France 	Romania 	
Germany    	Slovak Republic 	
Sweden 	Slovenia 	
Bulgaria 	Spain 	
Switzerland 	Greece 	
	Luxembourg 	



Ilustración 10: países miembro de la plataforma PICASSO con sus respectivos TSO (ENTSOE, 2019)

Los parámetros sobre los que convergerán los servicios de regulación secundaria de regulación secundaria será un tiempo de activación completa de 5 minutos (es decir, los agentes deben llegar a la potencia necesaria en 5 minutos). España, Portugal y Alemania ya cuentan con este tiempo de activación completa, mientras que Italia tiene un tiempo de activación completa menor (es decir, los agentes habilitados en Italia no tendrán que realizar una nueva habilitación).

9.2. Plataforma MARI (regulación terciaria)

La Iniciativa de Reservas Manualmente Activadas (MARI, por sus siglas en inglés es el proyecto europeo de implementación de la plataforma europea de regulación terciaria (mFRR).

En este caso, la directriz europea define las tareas y un calendario para la aplicación de una plataforma europea para el intercambio de energía de equilibrio procedente de reservas de restauración de frecuencias con activación manual (ENTSOE, 2017).

Se definen normas técnicas, operativas y de mercado europeas comunes para un mercado de equilibrio transfronterizo. El objetivo es la compra económicamente eficiente y puntual de la activación de regulación, garantizando simultáneamente la neutralidad financiera de cada TSO.

En este caso, 19 TSO europeos fueron los encargados de adherirse a esta plataforma y participar en su diseño y definición:

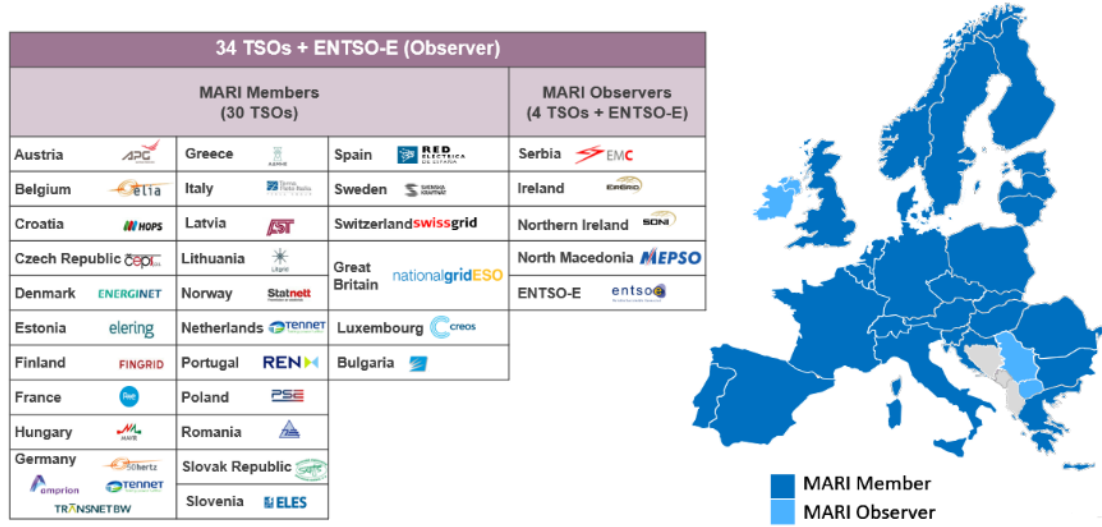


Ilustración 11: países miembro de la plataforma MARI con sus respectivos TSO (ENTSOE, 2017)

El tiempo completo de activación consensuado para esta plataforma es 12,5 minutos. En el caso de Alemania, ya está adaptado a este requerimiento. En el caso de España, Italia y Portugal, deberán adaptar sus tiempos de 15 minutos a 12,5 minutos.

10. Conclusiones

Una vez se han analizado por separado las características y peculiaridades de los servicios de regulación secundaria y terciaria en los respectivos países, se procede a realizar una comparativa sobre las similitudes y diferencias de cada uno de ellos, así como a tratar de identificar oportunidades en aquellos que resulten más atractivos para los agentes participantes, siempre desde el punto de vista de la generación.

Esta comparativa se realizará desde dos puntos de vista (en línea con lo que se ha presentado a lo largo de todo el estudio):

- **Comparación cualitativa:** recogiendo la información presentada a lo largo del análisis, se contrastará, en cada uno de los dos servicios, qué tecnología puede prestar el servicio en cada país, si es marginalista o *pay-as-bid*, la periodicidad con la que se convoca el servicio, el tipo de habilitación, el tiempo de ejecución, el horario de convocatoria y el tamaño mínimo de la oferta.
- **Comparación cuantitativa:** partiendo de los resultados obtenidos en los apartados anteriores del estudio, se compararán número de convocatorias, precios, spreads, cantidades de energía y potencia y liquidez en cada uno de los servicios de balance de los países analizados.

Finalmente, se realizarán unas breves conclusiones generales a raíz de estos dos enfoques de comparativas.

10.1. Comparación cualitativa de los servicios de regulación secundaria y terciaria de los países analizados

10.1.1. Regulación Secundaria

En los cuatro países analizados, existe una regulación secundaria cuyo principal objetivo es que los respectivos TSOs se provean de una suficiente cantidad de reserva de capacidad para resolver desequilibrios significativos entre generación y demanda.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los elementos señalados anteriormente para esta comparativa en cada país:

País	Nombre servicio	¿Quién puede prestarlo?	Marginalista / pay-as-bid	Periodicidad de convocatoria	Oferta obligatoria/potestativa	Tiempo de ejecución	Horario de convocatoria	Tipo de oferta	Tamaño mínimo de oferta
España	Regulación Secundaria	Todas las tecnologías	Marginalista	Horario (cuarto-horario con Picasso)	Habilitación y oferta potestativa. Entrega obligatoria si has casado banda	FAT = 5 min, hasta 15 min. después del fallo	Banda: día D-1 de 16:00h a 18:00h Energía secundaria: solicitud de entrega en día D de 00:00h a 23:59h	Simple (un valor cantidad precio)	+1MW
Portugal	Regulação Secundaria	Todas las tecnologías	Marginalista	Horario (cuarto-horario con Picasso)	Habilitación y oferta potestativa. Entrega obligatoria si has casado banda	FAT = 5 min, hasta 15 min. después del fallo	Banda: día D-1 de 15:00h a 17:00h Energía secundaria: solicitud de entrega en día D de 00:00h a 23:59h	Simple (un valor cantidad/ precio)	+1MW
Alemania	Sekunda-rreserve (aFRR)	Almacenamiento, turbinas de gas + biogás, biomasa y centrales hidroeléctricas	Pay-as-bid	Cada 4 horas (cuarto-horario con Picasso)	Habilitación y oferta potestativa. Entrega obligatoria si has casado banda. Si no se ha casado banda, oportunidad con mercado de trabajo	FAT = 5 min, hasta 15 min. después del fallo	Mercado de rendimiento (banda): desde D-7 hasta D-1 a las 9:00 Mercado de trabajo: hasta 1h antes del intervalo de 4h	Opción de múltiple para ≥ 5 MW, simple para < 5 MW	+1MW
Italia	Riserva Secundaria	Todas las tecnologías	Pay-as-bid	Horario (cuarto-horario con Picasso)	Obligatorio para plantas de > 10 MW. Las menores, deben estar habilitadas y su oferta es potestativa	FAT = 200s. Hasta 15 min. después del fallo	Banda: día D-1 de 12:55 a 17:30 Energía secundaria: en día D	Simple (un valor cantidad/ precio)	+1MW

Tabla 26: comparación cualitativa de la regulación secundaria en España, Portugal, Alemania e Italia

Se procede a analizar las similitudes, diferencias o peculiaridades de la comparativa cualitativa de regulación secundaria en los países analizados, a raíz de lo presentado en la anterior tabla. Se han indicado, igualmente, en la tabla anterior la numeración de las principales conclusiones extraídas:

1.- Diferencia en la retribución del servicio

En Alemania e Italia, el servicio es *pay-as-bid*, a diferencia de en España y Portugal, y a diferencia de cómo va a ser la regulación secundaria en estos países toda vez se instaure el proyecto PICASSO en los mismos

2.- Diferencia en el intervalo temporal de convocatoria

Mientras en España, Portugal e Italia, la regulación secundaria se ofrece en intervalos horarios, en Alemania se divide el servicio en bloques de 4 horas

3.- Diferencia de Alemania en la participación de la entrega de energía posterior

En Alemania, además, es el único país donde existe la posibilidad de entregar el servicio de energía secundaria sin haber casado banda antes, pudiendo presentarse al ‘mercado de trabajo’ igualmente (mercado de energía, no se cobra en ese caso la banda casada al no existir, pero se retribuye la entrega de energía en caso de casar)

4.- Diferencia de Alemania en las tecnologías que pueden prestar el servicio

En cuanto a las tecnologías que pueden prestar el servicio, Alemania es el único país donde no todas las plantas están habilitadas para ello

5.- Concordancia en los tiempos de actuación

El intervalo en el que hay que actuar manualmente la entrega de energía es común entre los países (un *Full Activation Time* de 5 minutos y mantener la potencia hasta 15 minutos después del fallo), siendo los tiempos a los que convergerá el proyecto PICASSO

6.- Concordancia en el tamaño mínimo de oferta

Coinciden los países también en cuanto a la energía mínima que se puede ofertar en el mercado, siendo la mínima oferta en todos de 1MW (en Alemania, se cambió en julio de 2018 de 5MW a 1MW).

10.1.2. Regulación Terciaria

Al igual que ocurre con la regulación secundaria, tanto en España, Portugal, Alemania e Italia existe una reserva de regulación terciaria. El objetivo en todos ellos es similar: restituir la banda de secundaria una vez pasado el tiempo necesario en el que tiene que actuar ese servicio de balance.

En la siguiente tabla, se observa un resumen con las características principales de la regulación terciaria en estos países:

País	Nombre servicio	¿Quién puede prestarlo?	Marginalista / pay-as-bid	Periodicidad de convocatoria	Oferta obligatoria/potestativa	Tiempo de ejecución	Horario de convocatoria	Tipo de oferta	Tamaño mínimo de oferta
España	Regulación Terciaria	Todas las tecnologías	Marginalista	Horario (cuarto-horario con Mari)	Habilitación potestativa, oferta obligatoria si estás habilitado	15 min. hasta 2h después del fallo	En tiempo real (día D desde 0:00 a 23:59)	Simple (un valor cantidad/precio)	+-1MW
Portugal	Reserva Terciaria	Todas las tecnologías	Marginalista	Horario (cuarto-horario con Mari)	Habilitación potestativa, oferta obligatoria si estás habilitado	15 min. hasta 2h después del fallo	Día D-1 a las 21:00	Simple (un valor cantidad/precio)	+-1MW
Alemania	Minutenreserve (mFRR)	Almacenamiento, turbinas de gas + biogás, biomasa y centrales hidroeléctricas	Pay-as-bid	Cada 4 horas (cuarto-horario con Mari)	Habilitación y oferta potestativa. Entrega obligatoria si has casado banda (hay banda en terciaria en Alemania)	12,5 min. hasta 1h después del fallo	Mercado de rendimiento (banda): desde D-7 hasta D-1 a las 9:30 Mercado de trabajo: hasta 45 minutos antes del intervalo de 4h	Opción de oferta múltiple para >=5MW, simple para <5MW	+-1MW
Italia	Riserva Terciaria Pronta, Rotante y Sustitución	Todas las tecnologías	Pay-as-bid	Horario (cuarto-horario con Mari)	Obligatorio para plantas de >10MW. Las menores, deben estar habilitadas y su oferta es potestativa	15 min. hasta 2h después del fallo	En tiempo real (día D desde 0:00 a 23:59)	Simple (un valor cantidad/precio)	+-1MW

Tabla 27: comparación cualitativa de la regulación terciaria en España, Portugal, Alemania e Italia

Analizando las similitudes y diferencias de la regulación terciaria en los mencionados países, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1.- Banda de reserva terciaria en Alemania

La mayor peculiaridad de este servicio respecto a los otros países existe en Alemania, donde se casa una banda de reserva terciaria (al igual que ocurre con todos los países con la secundaria). Esto tiene lugar el día D-1 a las 10:00, una vez se conoce la banda casada de reserva secundaria (se publican las casaciones media hora antes).

- Del mismo modo que ocurre en la regulación secundaria, en la regulación terciaria en Alemania hay un mercado de rendimiento (donde se casa banda), y un mercado de trabajo, donde se hace efectiva la entrega de energía y donde pueden participar aquellas plantas habilitadas que no hayan casado banda.

2.- Diferencia en la retribución del servicio

En Alemania e Italia, el servicio es *pay-as-bid*, a diferencia de en España y Portugal, donde el mercado es marginalista (será marginalista para los 4 países una vez entre en vigor la plataforma Mari).

3.- Diferencia en el intervalo temporal de convocatoria

Mientras en España, Portugal e Italia, la regulación terciaria se ofrece en intervalos horarios, en Alemania se divide el servicio en bloques de 4 horas.

4.- Concordancia en los tiempos de actuación

En Alemania, el tiempo de activación es 12,5 minutos, siendo el mismo que se requerirá en la plataforma europea Mari para este servicio. En España, Italia y Portugal, este tiempo es actualmente de 15 minutos, por lo que tendrán que adaptarlo al nuevo requerimiento.

5.- Existencia de tres tipos de reserva terciaria en Italia

En Italia, existen tres “reservas terciarias”:

- Riserva Terziaria Pronta: entra en 15 minutos después del fallo, pero con un gradiente de 50MW/min
- Riserva Terziaria Rotante: la que más se asimilaría a la reserva terciaria de los demás países, ya que cuenta con un gradiente menor que el anterior y se mantiene 2h hasta después del fallo
- Riserva Terziaria di Sostituzione: entraría a los 120 minutos después del fallo a sustituir a la rotante, teniendo un gradiente de 0,67MW/min

10.2. Comparación cuantitativa de los servicios de regulación secundaria y terciaria de los países analizados

Para realizar la comparación cuantitativa, se compararán las mismas variables que se han analizado a lo largo de todo el estudio:

- Número de convocatorias
- Precio
- Spread
- Cantidad negociada
- Liquidez del mercado

Para ello, es pertinente volver a mostrar las tablas resumen con los resultados obtenidos en cada uno de los países. Cabe recordar que Italia, al mostrar Terna (el TSO) los datos únicamente del precio de servicio de despachamiento, y no los de cada mercado de balance, no se ha podido analizar. Los datos mostrados son las medias de 2021 (excepto en el caso de la liquidez, donde es la suma de todas las horas).

España	Regulación secundaria				Regulación terciaria	
	Banda bajar	Banda subir	Energía Secun. Bajar	Energía Secun. Subir	Energía Terciar. Bajar	Energía Terciar. Subir
Número de veces convocado	100%	100%	97%	93%	34%	49%
Precio medio (€/MW o €/MWh)	24	24	96	114	73	133
Spread vs. SPOT (€/MWh)	-	-	17	3	24,8	14,1
Cantidad negociada (MW)	493	580	176	148	151	246
Liquidez (M€)	-	-	34,8	15,2	40,8	40,2
			50,0		81,0	

Tabla 28: resumen del análisis cuantitativo de los sistemas de balance en España

Portugal	Regulación secundaria				Regulación terciaria	
	Banda secundaria bajar	Banda secundaria subir	Energía secundaria bajar	Energía secundaria subir	Energía Terciar. Bajar	Energía Terciar. Subir
Número de veces convocado	100%	100%	55%	73%	85%	86%
Precio medio (€/MW o €/MWh)	24	24	92	132	92	132

Spread vs. SPOT (€/MWh)	-	-	21	17	21	17
Cantidad negociada (MW)	94	183	17	29	169	144
Liquidez (M€)	-	-	1,7	3,5	22,7	20,2
			5,2		42,9	

Tabla 29: resumen del análisis cuantitativo de los sistemas de balance en Portugal

Alemania	Regulación Secundaria				Regulación Terciaria			
	Banda bajar (rendimiento)	Banda subir (rendimiento)	Energía Merc. Trabajo Bajar	Energía Merc. Trabajo Subir	Banda bajar (rendimiento)	Banda subir (rendimiento)	Energía Merc. Trabajo Bajar	Energía Merc. Trabajo Subir
Número de veces convocado	100%	100%	99%	99%	100%	100%	99%	99%
Precio medio (€/MW o €/MWh)	40	44	641	1.848	10	28	1.408	2.552
Spread vs. SPOT (€/MWh)	-	-	738	1.751	-	-	1.505	2.455
Cantidad negociada (MW)	895	1.087	551	560	688	946	180	295
Liquidez (M€)	-	-	2.518	8.534	-	-	1.950	6.317
			11.052				8.267	

Tabla 30: resumen de análisis cuantitativo de la regulación secundaria y terciaria en Alemania

Se realizará la comparativa entre países en aquellos sistemas de balance que se pueden comparar, con los datos existentes. Esto descarta al mercado de restricciones técnicas, ya que, en Alemania, los TSOs no publican datos sobre los precios aplicados en el Redispatch, y en Portugal no existe un mercado de restricciones técnicas como en España (tan solo en tiempo real). Por tanto, se compararán los mercados de regulación secundaria y regulación terciaria.

10.2.1. Regulación Secundaria

Convocatorias

A pesar de que la banda de reserva secundaria se convoca en la práctica totalidad de las horas en los tres países, mientras en España y Alemania se hace un uso de esa banda un 96% y un 100% de las veces (datos de 2021), en Portugal tan solo se hace la entrega efectiva de energía en un 64% de las ventanas horarias.

Precio

En el siguiente gráfico, se muestra una comparativa de los precios de regulación secundaria en España, Portugal y Alemania:

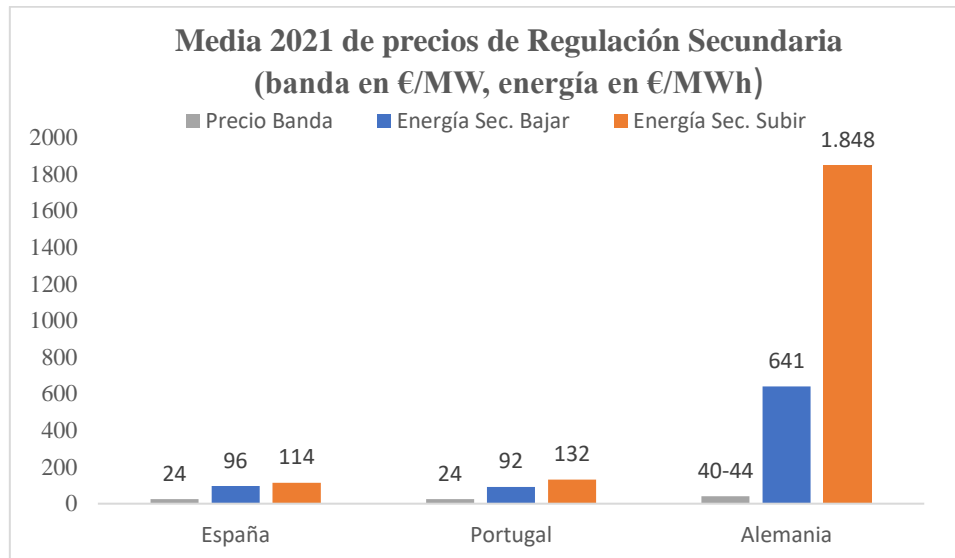


Gráfico 37: comparativa de precios de regulación secundaria en España, Portugal y Alemania, 2021

Como se puede observar, los precios, sobre todo de la energía de regulación secundaria entregada, son considerablemente mayores en Alemania. Uno de los motivos de esta gran diferencia puede radicar en la relativa juventud desde la implantación del mercado de trabajo en Alemania (noviembre de 2020). Cabe recordar que, para realizar esta comparativa, en Alemania se han tomado los precios medios de regulación secundaria (el servicio es *pay-as-bid*).

Spreads

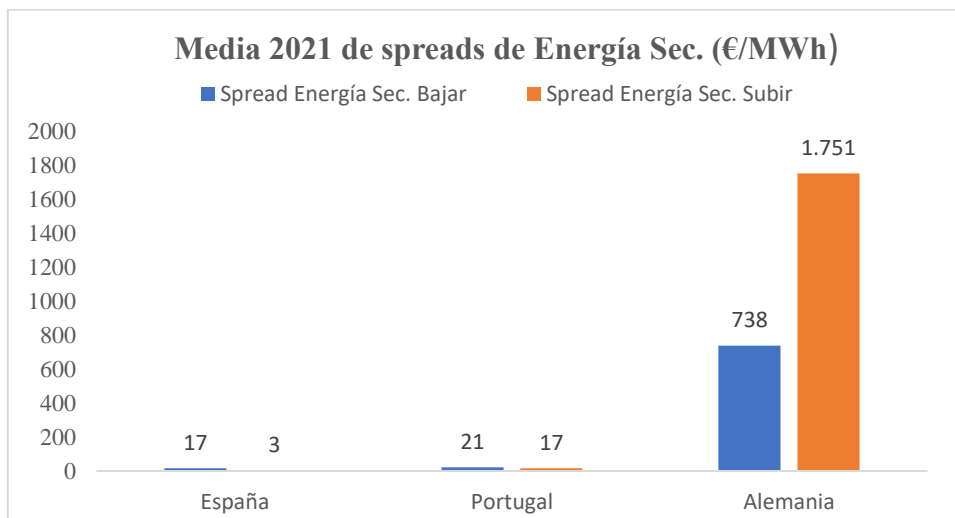


Gráfico 38: comparativa de spreads de regulación secundaria en España, Portugal y Alemania, 2021

Como es de esperar, si se analizan los spreads respecto al precio de cada mercado diario de los precios de la energía de regulación secundaria entregada, el spread de Alemania es muy superior al de España y Portugal, debido al alto precio de la energía secundaria y a que el precio medio del mercado diario en los 3 países en 2021 es muy similar (112€/MWh en España y Portugal, y 97€/MWh en Alemania).

Cantidad negociada

A continuación, se muestra una comparativa de las cantidades negociadas de regulación secundaria (banda y energía entregada) de España, Portugal y Alemania:

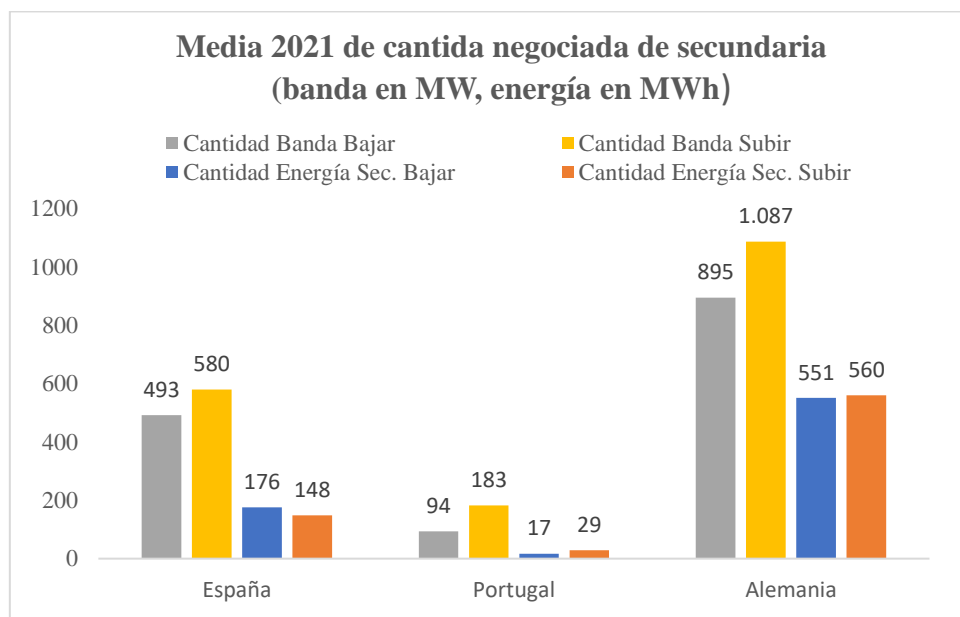


Gráfico 39: comparación de cantidades negociadas en regulación secundaria en España, Portugal y Alemania, 2021

Se pueden extraer diferentes conclusiones de este gráfico:

- Alemania es el país con más volumen de potencia (banda) y energía negociada en regulación secundaria
- En Alemania, el porcentaje energía utilizada sobre la banda casada (56%) es mayor que en España (30%) y Portugal (16%)
- En los tres países hay más banda casada a subir que a bajar, aunque esta proporción es más notoria en Portugal (97% mayor) que en Alemania (21%) y en España (18%)

Liquidez

Debido al mayor spread y a que la energía negociada en este mercado es mayor en Alemania, la liquidez de la regulación secundaria en este país es también

considerablemente superior a la de España y Portugal. En la siguiente tabla se muestra la comparación en millones de euros:

	Energía Secundaria Bajar	Energía Secundaria Subir	Total
España	35	15	50
Portugal	2	4	6
Alemania	2.518	8.534	11.052

Tabla 31: comparación de la liquidez de la energía secundaria en España, Portugal y Alemania (M€)

Otra conclusión que se extrae de esta tabla es que, mientras en Alemania y en Portugal tiene más liquidez el mercado de energía secundaria a subir (146% y 106% mayor), en España es más líquido el mercado de energía secundaria a bajar (un 129% más).

10.2.2. Regulación Terciaria

Convocatorias

En este caso, España es el país que difiere respecto a Portugal y Alemania. En estos últimos, se convoca el mercado un 86% y un 100% de las ventanas horarias (en el primero, porque se convoca si hay un 2% de desviación entre generación y demanda, lo cual suele ocurrir; en el segundo, porque hay una banda de regulación y siempre se hace uso de ella). Sin embargo, en España se hace uso de la energía terciaria tan solo el 42% de las veces.

Precio

Se muestra a continuación una comparativa de los precios de regulación terciaria en España, Portugal y Alemania:

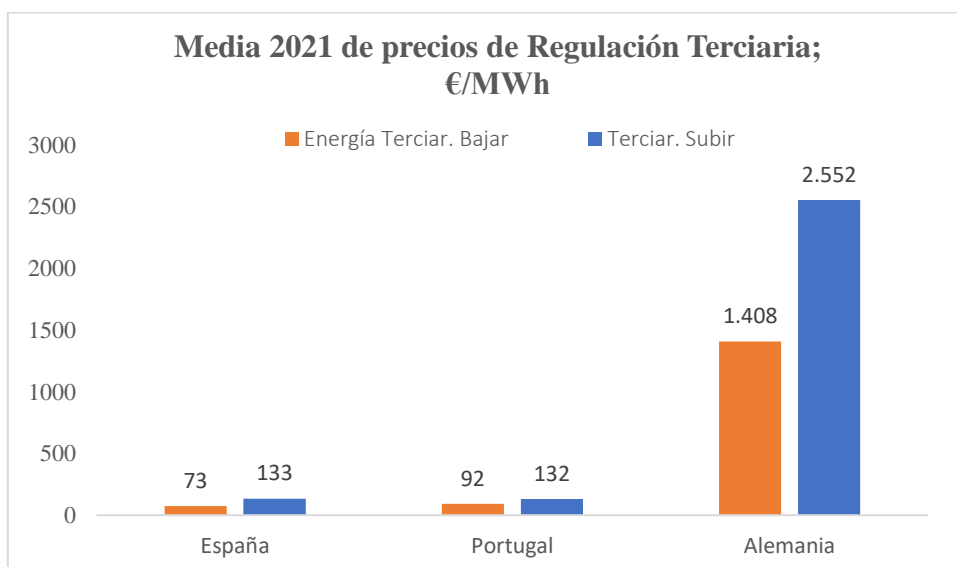


Gráfico 40: comparación de precios de regulación terciaria en España, Portugal y Alemania

Al igual que ocurre con la regulación secundaria, el precio de este mercado en Alemania es muy superior (del orden de 150%) al de España y Portugal.

Spreads

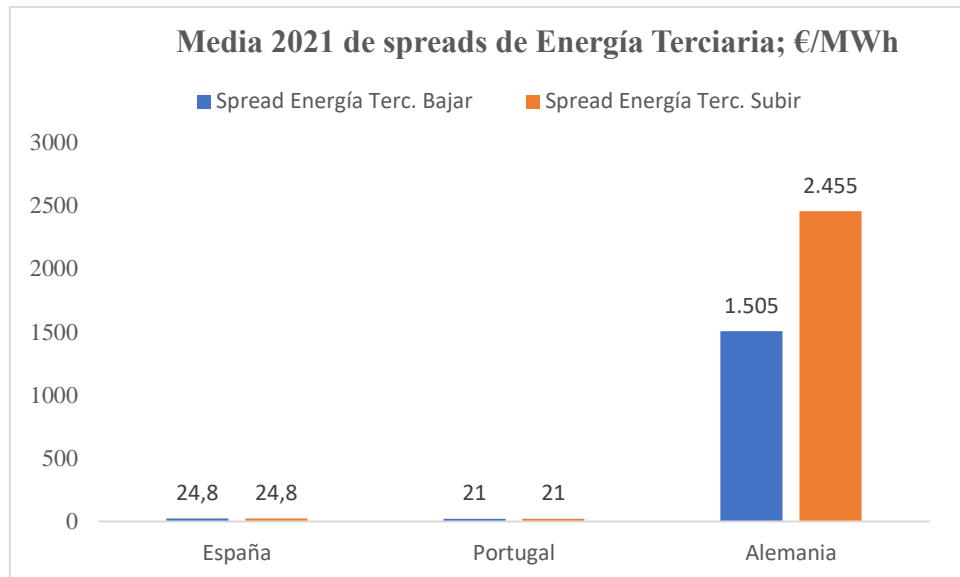


Gráfico 41: comparación de spreads de regulación terciaria en España, Portugal y Alemania, 2021

Igualmente, el spread de regulación terciaria en Alemania es mayor (del orden de 60-100 veces) al de España y Portugal por el mismo motivo: precios más altos y un precio del mercado diario muy similar.

Cantidad

En el siguiente gráfico vemos la comparativa de la cantidad de energía de regulación terciaria negociada en España, Portugal y Alemania:

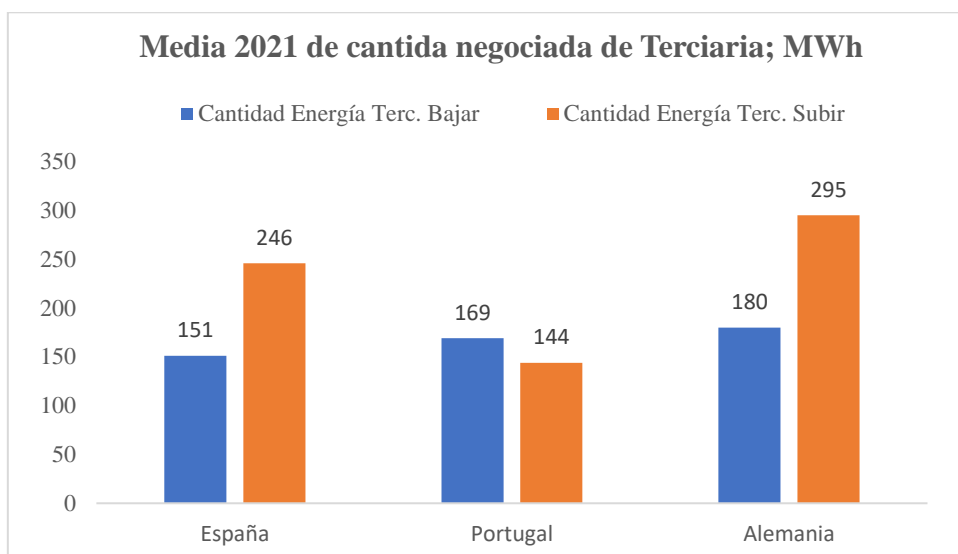


Gráfico 42: comparación de cantidades negociadas en regulación terciaria en España, Portugal y Alemania, 2021

A diferencia de lo que ocurría con la regulación secundaria, aquí la comparación entre los tres países es más pareja. Cabe destacar que en España y en Alemania, la reserva negociada terciaria a subir es mayor que a bajar, mientras que en Portugal ocurre lo contrario.

Liquidez

	Energía Terciaria Bajar	Energía Terciaria Subir
España	41	40
Portugal	23	20
Alemania	2.247	6.317

Tabla 32: comparación de la liquidez de la energía terciaria en España, Portugal y Alemania (M€), 2021

Se extraen dos conclusiones principales de esta tabla resumen:

- El mercado de regulación terciaria en Alemania es más líquido que el de España y Portugal
- Mientras que la liquidez de la regulación terciaria a subir y a bajar es pareja en España y Portugal, en Alemania es considerablemente más líquida la regulación terciaria a subir (un 181% más)

10.3. Conclusiones generales

Para finalizar, se procede a recapitular y resumir las principales conclusiones que se pueden extraer de todo el estudio.

1.- Análisis cualitativo - similitudes y diferencias respecto al acoplamiento en las plataformas Picasso y Mari

Por otro lado, los cuatro países formarán parte de las plataformas europeas Picasso (para regulación secundaria) y Mari (para regulación terciaria). En el caso de Alemania e Italia, necesitarán **adaptar sus mercados *pay-as-bid***, ya que los mercados europeos, una vez unificados, serán marginalistas. Además, **todos los países deberán adaptar la periodicidad de las convocatorias en estos mercados**. España, Portugal e Italia pasarán de ventanas horarias a cuarto-horarias, mientras que Alemania pasará de bloques de 4 horas a los mismos bloques de 15 minutos.

Por último, cabe destacar que la unificación de estos mercados vendrá acompañada de una **mayor seguridad del suministro energético, un aumento de competitividad y una mayor liquidez en los mercados**, lo que debería conllevar a una reducción de costes y el abaratamiento del precio de la electricidad para los consumidores.

2.- Análisis cuantitativo – resumen de conclusiones

Las principales conclusiones del análisis cuantitativo del estudio de los servicios de regulación secundaria y terciaria en España, Portugal y Alemania son:

1. De entre los tres países analizados, **el más atractivo, desde el punto de vista de la producción, es Alemania**: para ambos servicios de balance (secundaria y terciaria), es el país con mayor spread y mayor liquidez.

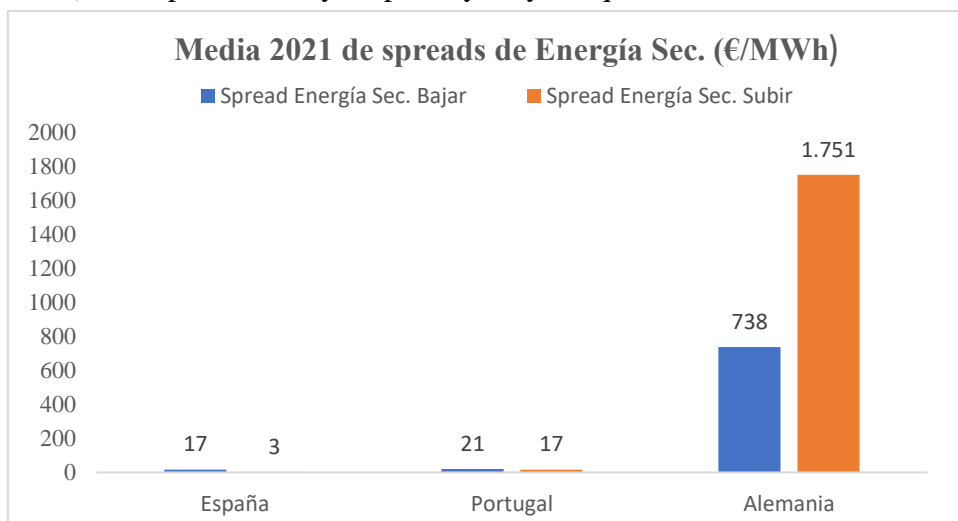


Gráfico 38: comparación de spreads de regulación terciaria en España, Portugal y Alemania, 2021

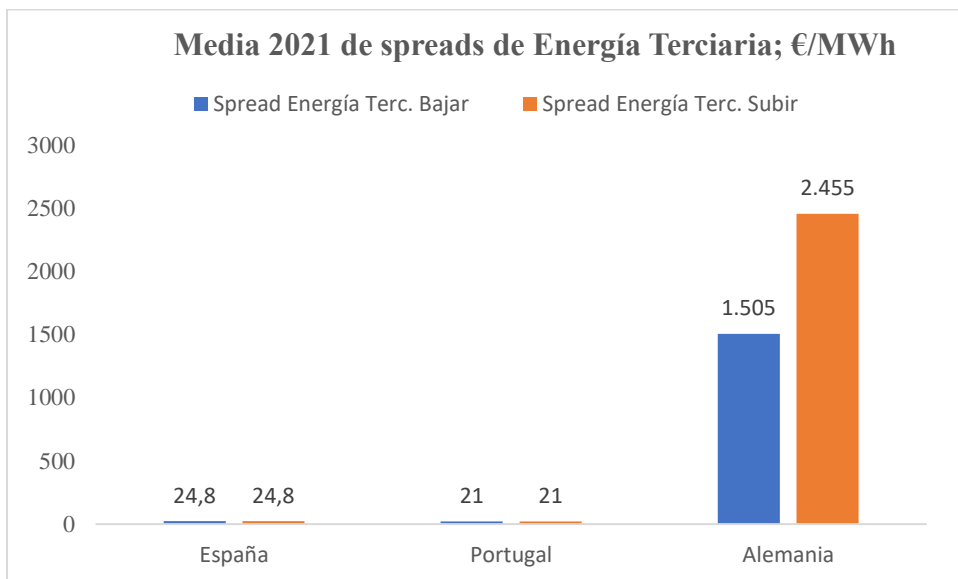


Gráfico 41: comparación de spreads de regulación secundaria en España, Portugal y Alemania, 2021

2. En Portugal, el peso de la energía de regulación terciaria es más grande que la de secundaria, en comparación con España.
 - a. Mientras en España la liquidez total de regulación terciaria supone un 82% (50,0/81,0) de la terciaria, en Portugal supone un 12% (5,2/.42,9)

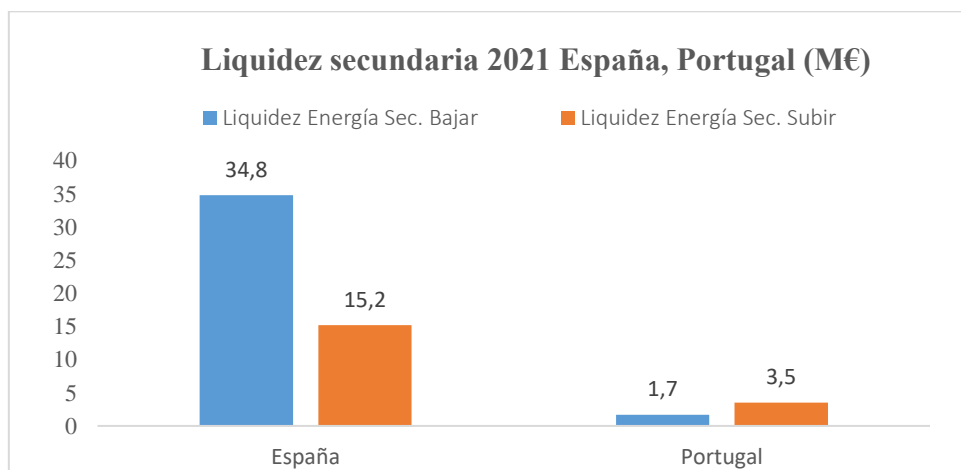


Gráfico 43: comparación liquidez secundaria España y Portugal, 2021

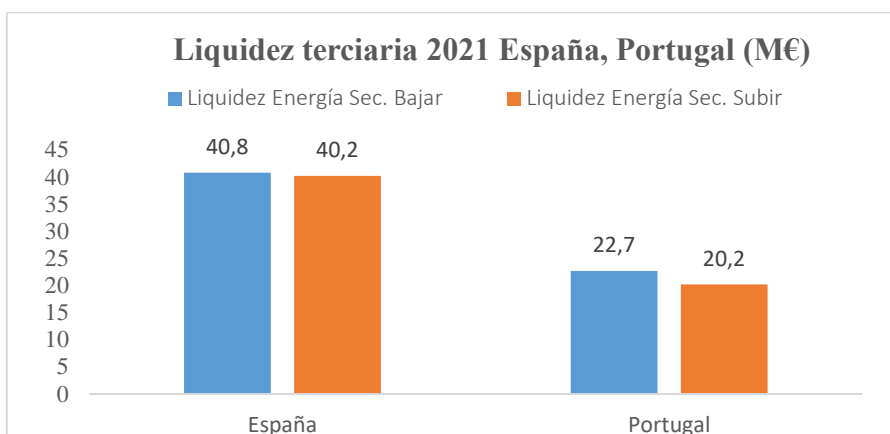


Gráfico 44: comparación liquidez terciaria España y Portugal, 2021

- b. Además, la cantidad total de energía de regulación secundaria negociada en España supone un 82% (324/397) del total de la terciaria. Por el contrario, en Portugal este porcentaje se reduce a un 15% (46/313).

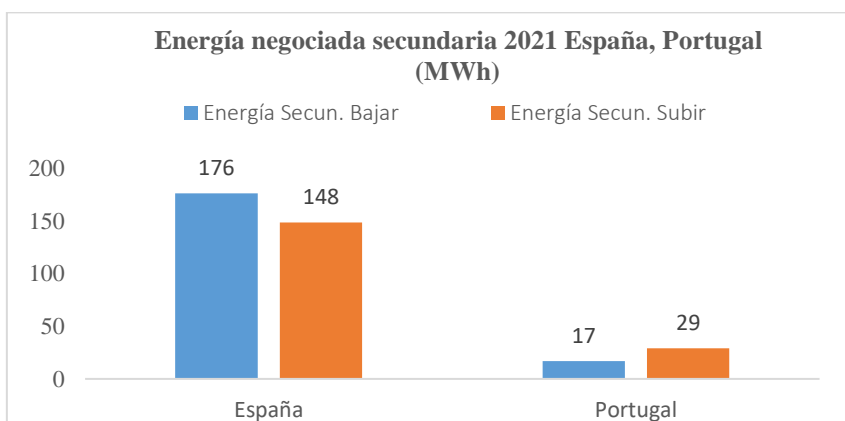


Gráfico 45: comparación energía negociada de secundaria España y Portugal, 2021

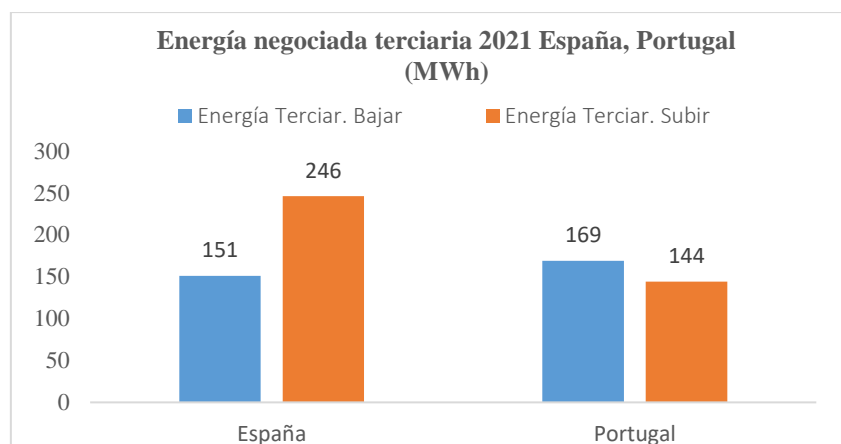


Gráfico 46: comparación energía negociada de terciaria España y Portugal, 2021

3. En el caso de **Alemania**, la **liquidez** entre estos mercados es **similar**, habiendo un **mayor spread** en **terciaria**, pero teniendo una **mayor cantidad de energía**

negociada el mercado de **secundaria**. Esto significa que será más atractivo para las centrales de producción mayores el mercado de secundaria (más oportunidad de casar una cantidad de energía más grande), pero será más interesante para ellas el mercado de regulación terciaria desde un punto de vista de rentabilidad.

Anexo: Reflexión de la relación de los servicios de balance con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas

Una gestión más eficaz de los servicios de balance por parte de los diferentes Operadores de Sistema europeos repercute en un mayor grado de cumplimiento de varios de los Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas.

En primer lugar, los proyectos europeos Picasso y Mari surgen con el objetivo de mejorar la eficiencia técnica y económica de los servicios de balance de los países implicados, lo que conllevará a una mejor gestión de los recursos, a un menor coste neto para el sistema y, por tanto, a un menor coste para el consumidor. Esto está alineado con el ODS número 1: eliminación de la pobreza.

Además, los proyectos Picasso y Mari traerán consigo innovación tecnológica consecuencia de la puesta en común de los conocimientos adquiridos por los diferentes TSO en los últimos años. Es por ello por lo que también están alineadas estas plataformas con el ODS número 9: “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación”.

Por último, el último ODS, el número 17, tiene como objetivo “Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la asociación mundial para el desarrollo sostenible”. En línea con el anterior, estas plataformas son un proyecto común entre países que supondrán un importante precedente de cooperación, y que servirá para que estos países compartan objetivos de sostenibilidad (energética, en este caso).

Bibliografía

- AEQ Energía. (22 de Febrero de 2018). *www.aeqenergia.com*. Obtenido de <https://www.aeqenergia.com/blog/mercado-electrico-iii-los-servicios-de-ajuste-del-sistema-electrico-peninsular>
- Alcanzia. (Octubre de 2018). *¿Cuál es la distribuidora eléctrica de mi zona?* Obtenido de <https://alcanzia.es/blog/distribuidoras-electricas-en-espana-por-zonas/>
- Barrero, A. (29 de Junio de 2021). Cinco empresas controlan el 90% del mercado eléctrico doméstico. *Energías Renovables*.
- Costa, M. T. (2016). *EVOLUCIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO ESPAÑOL (1975-2015)*.
- Delgado Flores, F. (2019). *A liberalização do mercado da eletricidade no plano concorrencional*. Lisboa.
- ENTSOE. (2017). *Iniciativa de Reservas Activadas Manualmente*. Obtenido de https://www.entsoe.eu/network_codes/eb/mari/
- ENTSOE. (2019). *PICASSO*. Obtenido de https://www.entsoe.eu/network_codes/eb/picasso/
- Esteve Giménez, G. M. (2020). *RELACIÓN ENTRE LOS MERCADOS ELÉCTRICOS ESPAÑOL, ALEMÁN Y FRANCÉS MEDIANTE LAS SERIES DE PRECIOS DE MERCADO DE RIESTO*.
- Galliani, A. (2020). *Evoluzione delle modalità di approvvigionamento delle risorse necessarie per i servizi ancillari*. Genova.
- ICEX. (2019). *Ampliación de la red eléctrica alemana*. Berlín: Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Berlín.
- Indexpert. (2022). *Historia de la liberalización del sector energético en España*. Obtenido de <https://www.indexpert.es/sector-energetico-espana/liberacion-sector#:~:text=La%20liberalizaci%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica%20se%20ha,marcadas%20por%20la%20Uni%C3%B3n%20Europea>.
- Iria, J. (2019). *Optimal Participation of an Aggregator of Prosumers in the Electricity Markets*.
- MITECO. (s.f.). Obtenido de <https://energia.gob.es/electricidad/Paginas/sectorElectrico.aspx#:~:text=El%20suministro%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica,y%20calidad%20que%20resulten%20exigibles>.
- MITECO. (2021). *Estructura del sector eléctrico*. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico.
- MITECO. (2022). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Obtenido de <https://energia.gob.es/electricidad/Paginas/sectorElectrico.aspx#:~:text=El%20suministro%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica,y%20calidad%20que%20resulten%20exigibles>.
- Muñoz, A. (28 de Junio de 2021). Así es el mercado intradiario y continuo de electricidad, el hermano pequeño del 'pool'. *El periódico de la energía*.

Next. (2021). *Was sind Dispatch, Redispatch & Redispatch 2.0?* Obtenido de Next Kraftwerke:
<https://www.next-kraftwerke.de/wissen/dispatch-redispatch#redispatch>

OECD. (2004). *Germany - regulatory reform in electricity, gas, and pharmacies*. París.

OMIE. (s.f.). *Funcionamiento del mercado diario*. Operador del Mercado Ibérico de Energía.

REE. (2022). *El sistema eléctrico español*.

Regelleistung. (2018). *Präqualifikationsverfahren für Regelreserveanbieter (FCR, aFRR, mFRR) in Deutschland ("PQ-Bedingungen")*.

Regelleistung. (2020). *Regelleistung.net: Plataforma de Internet para la asignación de poder de equilibrio*. Obtenido de <https://www.regelleistung.net/ext/static/srl>

REN. (24 de Junio de 2022). <https://mercado.ren.pt/>. Obtenido de <https://mercado.ren.pt/PT/Electr/InfoMercado/InfSistema/Ofertas/Paginas/OfertaSec.aspx>

TERNA. (2018). *PROCEDURA PER LA SELEZIONE DELLE RISORSE PER LA FASE DI PROGRAMAZIONE DEL MSD*.

TERNA. (2018). *Revisione configurazione zonale report finale*.

Listado de normativas mencionadas en el estudio

Ley 54/1997, del 27 de noviembre, del sector eléctrico

Ley 17/2007, del 4 de julio, del sector eléctrico

Real Decreto 485/2009, del 3 de abril, por el que se regula la puesta en marcha del suministro de último recurso en el sector de la energía eléctrica

Ley 17/2013, de 29 de octubre, para la garantía del suministro e incremento de la competencia en los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares

Ley 24/2013, del 26 de diciembre, del sector eléctrico

Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología de cálculo de la retribución por esta actividad

Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos

Reglamento (UE) 2017/2195 de la Comisión Europea, de 23 de noviembre de 2017, por el que se establecen las directrices para el balance del sistema eléctrico a nivel europeo

Procedimiento de Operación 3.2. Restricciones técnicas de Red Eléctrica de España

Procedimiento de Operación 3.3. Activación de energías de balance procedentes del producto de reserva de sustitución (RR) (anteriormente Gestión de desvíos) de Red Eléctrica de España

Procedimiento de Operación 3.8. Pruebas para la participación de las instalaciones en los procesos y servicios gestionados por el operador del sistema de Red Eléctrica de España

Procedimiento de Operación 7.2. Regulación secundaria de Red Eléctrica de España

Procedimiento de Operación 7.3. Regulación terciaria de Red Eléctrica de España